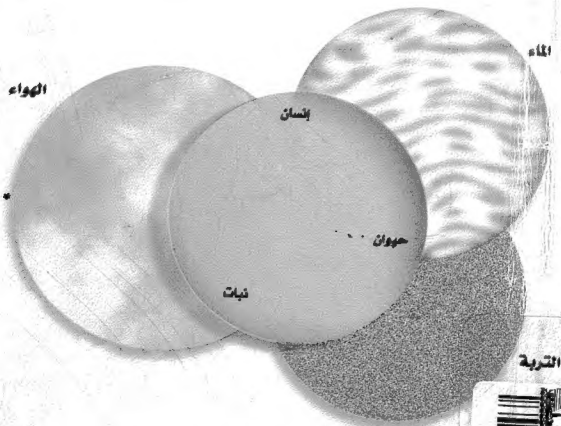


دورة السموم والملوثات البيئية في مكونات النظام البيئي



إ. د. فتحى عبد العزيز عفيفى

دار الفجر للنشر والتوزيع



السموم والملوثات البيئية في مكونات النظام البيئي

تأليف

أ.د. فتحي عبد العزيز عفيفي

أستاذ كيمياء المبيدات والسموم

كلية الزراعة - جامعة عين شمس

دار الفجر للنشر والتوزيع

رقم الإيداع
2000 / 2646
الترقيم الدولي I.S.B.N.
977- 5499 - 62 - 3

حقوق النشر
الطبعة الأولى 2000 م
جميع الحقوق محفوظة للناشر

دار الفجر للنشر والتوزيع
4 شارع هاشم الأشقر - النهضة الجديدة - القاهرة
تليفون : 2944119 (00202)
فاكس : 2944094 (00202)

لا يجوز نشر أي جزء من الكتاب أو اختزان مادته بطريقة الاسترجاع أو نقله على أي نحو أو بأي طريقة سواء كانت إلكترونية أو ميكانيكية أو بخلاف ذلك إلا بموافقة الناشر على هذا كتابة ومقما .

المحتويات

٣	:	مقدمة
	:	الباب الأول
	:	دورة السموم والملوثات البيئية في مكونات النظام البيئي .
٩	:	الباب الثاني
٣٣	:	الباب الثالث
	:	الهواء الجوي و ملوثات الهواء الغازية
٤٥	:	الباب الرابع
٧٩	:	الباب الخامس
١٢٩	:	الباب السادس
١٥١	:	الباب السابع
١٦٣	:	الباب الثامن
١٦٩	:	الباب التاسع
١٧٥	:	الباب العاشر
١٨٥	:	الباب الحادي عشر
	:	مراقبة وقياس تلوث الهواء الجوي والعوامل المؤثرة على توزيع الملوثات بالهواء الجوي
١٩١	:	الباب الثاني عشر
٢١٢	:	الباب الثالث عشر
٢٣٧	:	الباب الرابع عشر
٢٥١	:	الباب الخامس عشر
٢٦٩	:	الباب السادس عشر
٢٧٧	:	الباب السابع عشر
٢٨٣	:	الباب الثامن عشر
٢٩١	:	الباب التاسع عشر
	:	قياس دور التحلل المائي ومآل السموم والملوثات في البيئات المائية الطبيعية والتوزيع التجزيئي للترسبات والكائنات الحية
٢٩٥	:	
٣١١	:	

الباب الحادي والعشرون : قياس التطاير ومعدلات انتشار أعمدة
السموم والملوثات البيئية الكارثة للماء ٣٢١

الباب الثاني والعشرون : القياس الفوتوكيميائي للسموم والملوثات
البيئية في البيئات المائية الطبيعية ٣٤٧

الباب الثالث والعشرون : تلوث التربة / الترسبات بالسموم والملوثات
البيئية ٣٨٧

الباب الرابع والعشرون : تلوث التربة بمبيدات الآفات ٤١٣

الباب الخامس والعشرون : تلوث التربة بالقمامة والفضلات
الحيوانية والأدمية ٤٢٥

الباب السادس والعشرون : حركة جزيئات السموم والملوثات البيئية
في التربة/ترسبات ٤٣١

الباب السابع والعشرون : قياس سلوك البخار والفقد البخاري لجزيئات
السموم والملوثات البيئية من التربة ٤٣٩

الباب الثامن والعشرون : الكتلة الحية والسموم والملوثات البيئية ٤٨٥

مصطلحات : ٥٣٧

المراجع : ٥٤٥

مقدمة :

غدت مشكلة التلوث البيئي اليوم من أخطر المشاكل الملحة ليس فقط على مستوى دول العالم الثالث فحسب ولكن أيضا على مستوى العالم اجمع ، فأضحت بتغلغلها خلال مكونات النظام البيئي أمرا ملحا يتعايش معه الإنسان رغما عنه ويقال أن الإنسان قد أصبح لاجئ بيئته ، فالهواء الذي يتنفسه والماء الذي يشربه والطعام الذي يأكله والملبس الذي يلبسه غذا ملوثا بملوثات وكيمائيات سامة خاصة وإذا ما حدث ذلك في وقت يعنى فيه العالم أجمع من نقص في مصادر الغذاء والماء حتى أصبح موت البشر لا عطشا أو جوعا ، بل اختناقا من الهواء الملوث .

ولقد تعلمنا ونحن صغار أن للاستعمار العسكري أو الفكري حدود جغرافية وعسكرية وسياسية ، أما التلوث البيئي فلا يعترف بأي حدود فالتصحّر (Desertification) مع النقص في مساحة الغابات (Forestation) وبجانب تلوث الهواء والتربة والمياه بأنواعها : (انهار - بحيرات - بحار - محيطات - مياه جوفية) علاوة على تحطم طبقة الأوزون وانسداد المحيطات (Oceanofouling) بدت كلها مشاكل رهبة تهدد البيئة التي نعيش فيها وعليها ، ومع تقدم البشرية تزايد الأنشطة البشرية (Human Activities) ويتسع انتشار وتغلغل التلوث ، ومن هنا وجب الانضباط البشرى أولا ثم التنظيم والتشريع ثانيا ثم البحث في محاولة لإيجاد الحلول المناسبة للحد من التلوث ثم التخلص منه تدريجيا .

فلم يجابه البشر حتى الآن خطر بهذه الضخامة والانتشار والتشابه والنتائج عن تضاعف عوامل متعددة كل منها أصبح كافي لوجود عضلات مستعصية الحل والتي تعنى متجمعة أن الأم الإنسانية سوف ترداد لحد مخيف في المستقبل القريب ونحن نصبو لتأمين حاجات الإنسانية ولا تشك بفاعلية الحلول الخاصة بذلك إذا وضعنا جانبا مصالحنا الفردية الأنثوية ، فاليئة التي

نعيش عليها الآن نتقهتر بنمط سريع لم يسبق له مثيل وأن كل هذا واضحا في بعض أجزاء العالم منه عن البعض الآخر ، ولكن عندما يندق ناقوس الخطر في بعض الأماكن لا يستدعى الاهتمام بالمناطق الأخرى ولكن الواقع لم يتجزأ وما يؤثر على البعض يؤثر على الكل في المستقبل ، فيجانب التلوث النرى والنووي واكتساح المواد السامة كالعنصر خاصة الثقيلة منها كالرصاص و الكاديوم والزنك علاوة على الكيمويات الزراعية كاللدنت وممثلاته ومماكناته (DDT Metabolites & Analogous) وأفراد عائلة السكلودينات (Cyclodienes) وغيرها في السلاسل الغذائية (Food Chains) حيث وجدت متبقياتا بأنسجة الطيور والحيوانات التي تعيش بعيدا عن الأماكن المستخدمة فيها هذه المركبات .

كذلك لوحظ بقايا النفط والمصانع والصرف الصحي بكل المياه العذبة تقريبا كذلك بمياه الشواطئ البحرية والمحيطات حتى وصلت لأعلى القمم بالجبال والقطب المتجمد الشمالي وبتراكيز كبيرة بلغت الحد الذي أصبح معه التجدد الطبيعي للمياه (Natural Renewable) غير كافي لاستخدامها من جديد خاصة مع تطور بعض وسائل النقل الحديث والتي تفوق سرعة الصوت و زيادة عدد المحطات النووية والذرية والمفاعلات وما ينجم عنها من تأثيرات خطيرة على المدى الطويل (فقرة نصف الحياة : $T_{1/2}$ للبلوتونيوم المشع ٢٣٨ سنة) .

وإذا ما أخذنا في الاعتبار بجانب ذلك أن الأرض التي نعيش عليها محدودة الموارد وثرواتها في طريقها للنفاذ ويبدو أن المجتمع الصناعي بالدول المتقدمة الغنية هي المهند الأول لهذه الموارد التي لا تتجدد أو تعوض وتستثمر الآن عشوائيا دون النظر لحاجات الشعوب خاصة بالعالم الثالث .

وفي عام ١٩٧٢ اجتمع علماء البيئة في استوكهولم وبإشراف الأمم المتحدة مائة وثلاثة عشرة دولة وبأكثر من ألف ممثل ونشرت وقائعه في أكثر من ألف ومائتان صفحة تحت عنوان " ليس لنا إلا الأرض " وكانت في مقدمة توصياته أن الإنسان جزء لا يتجزأ عن البيئة شاء ذلك أم أبى ويجب

التأكيد على حماية وتحسين البيئة وإيجاد سياسة تخطيطية لعمل جماعي عالمي مع وجود مؤسسات متخصصة ضمن نطاق الأمم المتحدة واعداد برامج مراقبة مستمرة للبيئة والمحيطات . وبدأت الآن العديد من الدول المتقدمة في صرف أموال طائلة على التنظيف الجزئي وليس الكامل للهواء والماء فعلى سبيل المثال أنفقت الولايات المتحدة الأمريكية منذ عام ١٩٧١- ١٩٧٥ مائة وخمسة مليار دولار تحمل رجال الصناعة نسبة ٤٢% منها كما أنفقت فرنسا عام ١٩٧٤ مليار ونصف فرنك كما صدر قانون بأهمية إرقاق ما يوضح قبل بناء أي منشأة فكرة متكاملة عن عملها ليستى إعطاء رخصة البناء لها (الشهادة البيئية) .

ولو رجعنا لتاريخنا نحن العرب نجد أن علمائنا العرب أشاروا في كثير من كتبهم للبيئة والتلوث قبل مئات من السنين من اجتماع فرنسا وأستوكهولم لقمم علماء المنية والتطور ، فذكر العلامة ابن خلدون في كتابة " بأن الهواء إذا كان راكدا خبيثا أو مجاورا للمياه الفاسدة أو لمناقع متعفنة أو لمروج خبيثة أسرع إليه العفن من مجاوراته فأسرع المرض للحيوان الكائن فيه لا محالة وهى مشاهدة في المدن التى لم يراعى فيها خبث الهواء وهى كثيرة الأمراض في الغالب " فهي أسطر قليلة تحمل في طياتها ما يكفى لكتابة مؤلفات كاملة فهو أول من أشار بوجوب تأسيس علم أنشأ حديثا وهو علم تخطيط المدن . ولقد ذك الله العلي العظيم في محكم آياته في خلق الكون وما عليه بقدر فقال تعالى " إن كل شيء خلقناه بقدر " ثم جاء الإنسان وبكل ما أوتى من علم وتقدم ومنية أضاع هذا القدر !

وبعد وصول صدى هذا المؤتمر تمخضت الأمم المتحدة بأعداد برامج للمراقبة المستمرة للبيئة وإيجاد أمانة سر للبيئة وأنشأت منظمة الأرصاد الجوية العالمية حوالي ٢٠٠ محطة أرصاد لمراقبة التلوث الجوى في ٧٣ دولة من الدول المشتركة بالمنظمة حيث تقسم هذه المحطات لثلاثة أنواع :

أ - محطات التلوث الجوى للخط القاعدي :

وتقع بعيدا عن المجتمعات السكانية والخطوط الجوية وطرق النقل وفى نفس الوقت يكون الموقع قريب أو معرض للحوادث الطبيعية كالبراكين

والعواصف الرملية والترابية وحرائق الغابات ، ولا يختلف استخدام هذه الرقعة من الأرض في دائرة قطرها مائة كيلو متر خلال خمسون عام وفي نفس الوقت فعدد العاملين بها قليل حتى لا تؤثر أنشطتهم البشرية فيها على البيئة وطبيعتها وتكون وظيفتها هي رصد وقياس التلوث للتنبؤ بما يحدث على المدى الطويل.

ب - محطات تلوث جوى إقليمية :

محطات منتشرة بالدول لتقدير مدى التلوث الجوى وتقع بعيدة عن المناطق المأهولة بالسكان لتلاشى الذبذبات الحادة في التلوث حيث تتعدى ٤٠-٥٠ كيلومتر وتغطي الطرق المؤدية إليها بالإسفلت وتزرع باقي مساحاتها بالحشائش لمنع الأتربة كما يبتعد عن دخان المصانع وعادم السيارات بمسافة لا تقل عن عشرة كيلومتر فلا تحدث بها رياح شديدة وتقوم هذه المحطات بالربط بين المتغيرات في هذه الدولة .

ج - محطات تلوث جوى فرعية :

حيث تقام بالدولة أكثر من محطة موزعة بها لرصد التغيرات في مدى تلوثها خاصة بالمناطق الصناعية والمناطق الأهلية بالسكان والمزدحمة بالمواصلات وقد تكون في صورة محطات متنقلة أو محمولة لأخذ عينات من الهواء بصورة دورية مستمرة (سيوه-سانت كاترين-سيدي براني- القصير-الغردقة).

ولقد روعي في أن تتضمن أبواب الكتاب دراسة لدورة السموم والملوثات البيئية سواء غازية أو سائلة أو عنصرية أو جسيمية كذلك الملوثات الحرارية والميكروبية والمشعة والمطر الحامضي في مكونات النظام البيئي :

□ كالهواء وملوثاته الغازية والعنصرية والجسيمية والسموم الزراعية وتلوث الهواء الحراري والميكروبي والإشعاعي والمطر الحمضي ثم مراقبة وقياس تلوث الهواء الجوي والعوامل المؤثرة على توزيع الملوثات بالهواء الجوي .

□ والمياه الطبيعية سواء أكانت مياه أنهار و بحيرات أو مياه بحار ومحيطات وبحيرات ومصادر تلوثها بالكيمائيات والعناصر والميكروبات وزيت البترول ومياه الصرف الصحي وتلوث المياه الحراري ثم قياس دور التحلل المائي ومأل السموم والملوثات ثم دراسة التوزيع التجزيئي للترسبات والكائنات الحية وقياس التطاير ومعدلات انتشار السموم والملوثات البيئية الكارثة للماء وأخيراً القياس الفوتوكيميائي للسموم والملوثات البيئية في البيئات المائية الطبيعية.

□ تلوث التربة / الترسبات بالسموم والملوثات البيئية وتلوثها بمبيدات الآفات والقمامة والفضلات الحيوانية والأمية ثم دراسة لحركة وامتصاص جزيئات السموم والملوثات البيئية في التربة والترسبات وأخيراً قياس سلوك البخر والفقد البخاري لجزيئات السموم والملوثات البيئية من التربة .

□ الكتلة الحية النباتية والحيوانية ومدى درجة تأثرها بمستوى تلوث كل من الهواء الجوي والمياه بأنواعها والتربة والترسبات بالسموم والملوثات البيئية المختلفة .

والله نسأل أن يكون جهداً - إضافة ينتفع بها في هذا المجال

والله ولي التوفيق

المؤلف

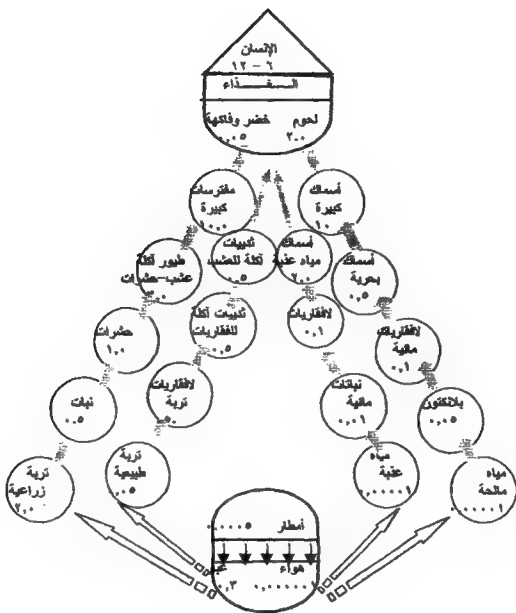
الباب الأول

دورة السموم والملوثات البيئية
في مكونات النظام البيئي

إن التكثيف المستمر والمتنوع في تخليق السموم في الأونة الأخيرة وعلى مستوى العالم وبالتالي التواجد المستمر والدائم لمبيقاتها (Residues) وممثلاتها (Metabolites) في مكونات النظام البيئي (Ecosystem Component) بصفة عامة وبمصادر المواد الغذائية الخام خاصة المستخدمة منها كمواد علف للغذاء الحيواني إذا ما أخذ في الاعتبار مجموعة السموم المستخدمة في المجال الزراعي (Agrotoxics) كوسيلة سريعة وفعالة تجد طريقها دائما في مجال السيطرة على الآفات الحيوانية والنباتية المستهدفة خاصة تلك التي تنتشر فيها بشكل فجائي وبائي (Out-break) والناقلة للأمراض خاصة الوبائية منها (Epidemic Vectors) مما يؤدي لاتساع واستمرارية انتشار خطر هذه المبيقات .

ولقد أظهرت نتائج التحليل الدقيق لمبيقات السموم في العينات البيئية والبيولوجية وجودها بمختلف الأوساط البيئية ، فثبت وجود كميات طائلة منها في الغلاف الجوي (Biosphere) والتي تنتشر منه لباقي مكونات النظام البيئي (المسطحات المائية - التربة-الكائنات الحية الدقيقة الحيوانية والنباتية : الكتلة الحيوية (Biomass)) خاصة أنسجة تلك الكائنات التي تسود وتتربع على قمم السلاسل الغذائية (Food Chains) كالمفترسات وأكلات اللحوم والتي في النهاية يتربع على قممها الإنسان ، حتى أصبحت فكرة التساؤل المقبول اليومي للمبيقات (Acceptable Daily Intake : ADI) والمتأولة مع الغذاء أو الهواء المتنفس مقبولة ، شكل رقم (١-١).

ويزداد الموقف السابق خطورة مع السموم التي تتمتع بدرجة ثابتة عالية نسبيا (High Relative Stability) ذات الأثر المتبقي الطويل (Long residual effect) ومبيقاتها ذات النشاط المتبقي العالي (High residual activity) وبطيء اختفاء أثر مبيقاتها على التوازن الطبيعي (Natural balance) وذات الارتباط الوثيق بما يعترى الإنسان من قلق من جراء التأثيرات المزمنة (Chronic effects) خاصة بالدول النامية وأمريكا الشمالية وهو ما يعزى لمبيقاتها وممثلاتها الثابتة .



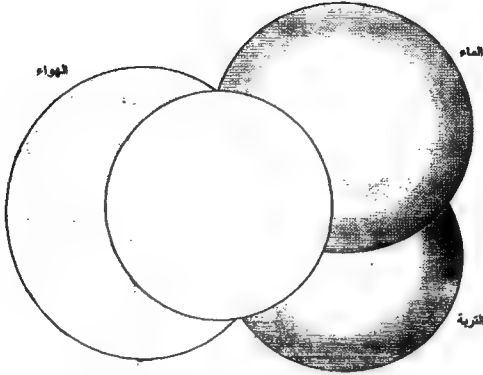
شكل رقم (١-١) : كميات متبقيات مركب الدنت ومشباهاته (Isomers) ومماكاناته (Analogous) بمكونات النظام البيئي في صورة سلاسل غذائية (Food chains) والتضخم البيولوجي (Biomagnification)

ولهذا فرضت هذه الدول قيود للحد من استخدامها وتزايد نطاق انتشارها خاصة مع مجموعة السموم الثابتة كيميائياً مثل عائلة مركب الدنت ومشتاباته ومماكناته (DTTIsomers and Analogues) وعائلة مركبات السيكلودايين (كالكلورودان والألدرين والديلدرين والأيسودرين والإندرين والهبتاكلور) وعائلة مركب بنزين هكساكلورينزين فلم يعد مقبول لدى إيمان هذه الدول فلسفة الفائدة في مقابل الضرر (Benefit versus risk) والتي غالباً ما تكون الفائدة في صالح استخدامها أو القبول بمقولة أطمعني اليوم وأغثني غدا ، جنول رقم (١-١).

وليس من الصعوبة بمكان الآن معرفة الوضع الحالي لمستوى متبقيات هذه السموم بالبيئة ولكن الصعوبة تكمن بل وتبلغ ذروتها عند التعرف على كيفية التنبؤ بالتغيرات التي تحدثها هذه المتبقيات مستقبلاً نتيجة لتداخل متبقيات وممثلاتها مع الأنظمة الحيوية الحيوانية وهو أخطر ما الموضوع ، شكل رقم (٢-١) .

جنول رقم (١-١) : متوسط تركيز مركبات جاما - سادس كلوريد البنزين والدنت والألدرين والديلدرين كأمثلة لأفراد بعض العائلات الثابتة كيميائياً

المكون	جاما-سادس كلوريد البنزين	مركب دنت	مركب الألدرين والديلدرين
هواء	١١-٥	١٣-١٠	١٨-١٢
ماء	٢٣٠-١٠	٢١٠-١٢	٧-١
ماء سطحي	٣٤	٢١	٢٨
تربة	١٠x٥٠-١	١٠x٢٠٠٠-٥٠	١٠x١٥٠٠-١٠



شكل رقم (٢-١) : العلاقات المتداخلة لمكونات النظام البيئي

وتتفرد المسموم خاصة الزراعية بصفات فريدة بمقارنتها بالكيمويات الأخرى :

□ فتمتيز بعدم إمكانية منع دورتها في الغلاف الجوي فنسبة منها تستقر وترسب على الأسطح (٦٠-٦٥%) سواء ظلت عليها بصورتها الأصلية أو تحدث لها تحولات طبيعية (Transformation) أو تحولات حيوية : تمثل (Bio transformation Metabolism) والنسبة الباقية ٣٠-٤٥% تتخلل هذه الأسطح وتسقط على سطح الأرض ومن كلتا النسبتين تتجرف منها نسبة بفعل الهواء وتتطاير (Drift) أو يتناولها العديد من العمليات الطبيعية الأخرى كالبحر (Evaporation) والتطاير (Volatilization) والحركة مع نحات التربة (Corrosion) أو التشرب (Leaching) بين حبيبات التربة فتصل للمياه الجوفية .

□ كما تخلق فاعليتها الحيوية (Bio activity) قوة خطرة على طبيعة مكونات النظام البيئي والكائنات الحية بكل مكون منها علاوة على عدم المقدرة على الحد من وجودها أو الإقلال منها .

□ علاوة على أن ملامستها لأسطح أجسام كائنات عديدة كنتيجة لاستخدامها في مجالات متنوعة ولهذا فدورتها واستمرارية تواجدها بالبيئة تساعد على وجود متبقيات بالمنتجات الغذائية وانتقالها للعديد من السلاسل الغذائية مع احتمال تراكمها (Accumulation) بتركيزات صغيرة ترتفع تدريجيا حتى تصل للمستوى النشط للتأثير البيولوجي أي للجرعة المؤثرة (ED : Effective Dose) خاصة ما إذا كانت ذات درجة ثبات عالية وأثر متبقي طويل .

□ كذلك فمن صفاتها المنفردة جانبان ذو علاقة بالإنسان إحداهما : إيجلي وهو التخلص من الكائن الحي المستهدف (Target Organism) والآخر سلبي من جراء التأثير الحاد أو المزمن (Acute/Chronic Effects) لمبقيات الثابتة والسامة على الإنسان وقد يتنقل تأثير نشاطها المتبقي لأجياله من بعد في صورة تشوهات خلقية (Teratogenesis) كما في حالة مركب الثاليديميد (Thalidemide) أو مركب ٤,٢-د (2,4-D) والذي استخدمته القوات الأمريكية للتخلص من غابات فيتنام للتمكن من رؤية مواقع الجنود الفيتنامية (فمن المعروف أن ناتج عملية تصنيع هذا المركب يرافقه تكوين نسبة من مركب الديوكسين والتي ما زالت متبقيات بالترتبة لأن تؤدي لتشوهات خلقية لا تقل عن ١٢% في الأجنة ، كذلك مركب داي إيثيل ستيل بسترول (DES: Diethylstilbestrol) والمؤدية السرطان المهبل بالجيل الثاني مباشرة بعد تعرض جيل الآباء.

وفي نفس الوقت كان لهذا الجانب السلبي أبعاده وأهدافه السياسية فقد أشار تشر شل للدور السحري المعجزة (Miraculous role) الذي لعبه مركب الددت في وقف وباء التيفود والكوليرا والطاعون والتيفاتوس بين قوات الجيوش في الحرب العالمية ولكن بعد عشرون عام من الحرب وصفت

الكاتبة راشيل كارسون هذا الدور السحري بأنه إكسير الموت (Elixir of Death) في كتابها الربيع المسمم حيث أدى هذا المركب لفقد التوازن البيئي وتخريب البيئة بدرجة ثبات مخلفاته العالية والتي تصل إلى ٤٥ سنة ومن هنا نجد أن معسكران في استراتيجية استخدام السموم للزراعية : فحكومات البلاد التي بها المصانع المنتجة لها : التي تستخدمها كسلعة استراتيجية اقتصادية يؤمنون استمرار استخدامها والحث على التوسع في زيادة معدل إنتاجها وتنوعها لما تحققة من عائد ملاي بجانب وقايتها للمزروعات والغابات .

وعلى الجانب الآخر معسكر منظمات حماية البيئة (Environmental Pollution Agency : EPA) والصحة العامة (Public Health) وينادي بمنع أو الحد من استخدامها للحد من التلوث البيئي وتقيده لإمكانية زيادة الإنتاج الغذائي دون استخدامها ، في نفس الوقت فبدخل هذا المعسكر منظمة الصحة العالمية (WHO) والتي ما زالت تؤيد استخدامها في برامج السيطرة (Management Control) على ناقلات مسببات الأمراض (Vector Diseases) للأمراض الوبائية كحمى التيفوئيد والحمى القلاعية والتيفوئيد والكوليرا والطاعون .

ويمكن تمييز أنماط (أشكال) فعل هذه السموم بالغلاف الجوي إلى :

أ- فعل موضعي (LOCAL ACTION)

وهو مباشر (الأولى) على الكائنات الحية المستهدفة بالمكان المعامل ، في نفس الوقت يعد فعل غير مباشر (ثانوي) على الكائنات الحية الغير مستهدفة (Non-target organisms) ويقاس للنشاط البيولوجي (Biological Activity) للفعل المحلي بتقدير الجرعة (Dose) وصورته وطريقة معاملتها واختياريتها (Selectivity) ومعدل هدمها .

ب- فعل محلي (NEAREST AFTER EFFECT : LAND SCAP REGIONAL)

وهو الفعل الناجم عن بقائها (Duration) في الغلاف الجوي ومنه للمساحات المائية والتربة . وطبيعة هذا الفعل والمعتمد على معدل انقراضه

(Relief) والظروف البيئية والمناخية ففي المناخ الجاف مع ملوحة التربة العالية ومستوى الماء الأرضي تزداد احتمالات ثباتها العالية ويزيد من تراكم مملحاتها بالماء والتربة والكتلة الحية (Bio mass) .

ج- فعل إقليمي (REMOTE AFTER EFFECT : REGIONAL EFFECT)
وهو الفعل الناجم عن السموم العالية الثبات والقدرة على الهجرة والتحرك خلال مجارى الأنهار (River basin) ويطول ضفته (Flood plains) في صرة محاليل أو معلقات أو بحالة متمصة على غرويات التربة - (Soil Colloids) حيث يعود توزيعها من جديد (Redistribution) وأخيرا تتراكم بمساحات الفيضانات والدلتا (Estuaries) وتبقى بها من ٣-٥ سنوات وبالتالي تلعب دورها الفعال على الكائنات الحية خاصة الدقيقة منها في الضفاف (Reaches) السفلية بالدلتا والأنهار والبحار .

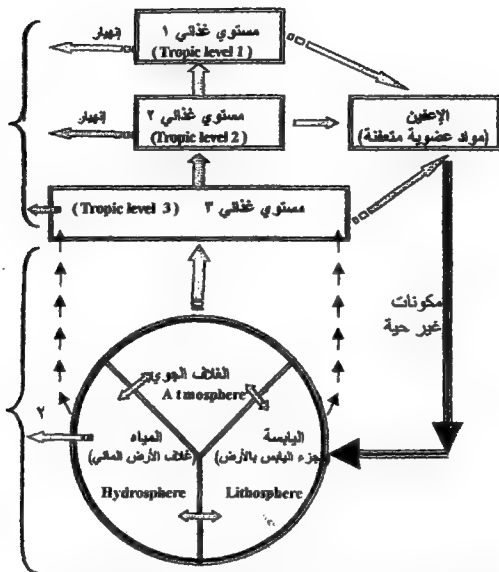
د- فعل شامل (VERY REMOTE AFTER EFFECT : GLOBAL)
وهو الفعل الشامل والمغطى لسطح كوكب الأرض بكل مكوناته (الغلاف الجوى - المسطحات المائية والأرض) ويساهم في ذلك حركتها بالتيارات الهوائية (Air & Coastal Currents) والتيارات عبر المحيطات (Trans ocean Currents) والتي تشمل العواصف (Storms) والدوامات (Cyclones) وهجرة الطيور والأسماك والحيوانات وحتى الإنسان في تنقلاته والمواد الخام والمنتجات الغذائية .

وكما أشير سابقا فلعدم إمكانية منع دورة السموم بصورها المختلفة في النظام البيئي خاصة عن طريق تطاير وانجراف (Drift) قطراتها خاصة الدقيقة منها والتي يجرفها الهواء لعدة كيلومترات ، فالقطرات الأكبر في قطرها من ٥ ميكرومتر تظل عالقة بالجو لفترة حيث تصلها الرياح لمسافات بعيدة في حين تتساقط القطرات التي تتراوح حجمها بين ١٠-٥٠ ميكرومتر ، جدول رقم (١-٢) شكل رقم (١-٣) .

جدول رقم (٢-١): النسب المئوية للرش المتساقط على أبعاد مختلفة من مكان المعاملة (الرش)

النسبة المئوية للتساقط (%)	المسافة التي سقطت عليها (متر)
٨,٠	١
٥,٠	٢
٤,٠	٣
٣,٠	١٠
٢,٠	٢٠
١,٠	٥٠
٠,١	١٧٥

كذلك لا يغفل عامل التطاير (Volatilization) للمنتجات من على سطح الأرض فيعد تبخر محتوى قطرة الماء (Evaporation) من المترسبات (Depositors) تترسب وتستقر حبيبات المادة بالسطح في صورة مخلفات (متبقيات) Residues وهى عرضة لاتجفافها بالهواء أو البخر أو التطاير خاصة مع السموم ذات درجة التطاير العالية ويساهم في ذلك الضغط البخاري للمركب (Evaporation pressure) فكلما زاد الضغط البخاري لها كلما زاد تبخر جزيئاتها للغلاف الجوى وفي نفس الوقت قل امتصاصه بين حبيبات التربة (حيث يزداد بالتربة الرملية < التربة الخفيفة < التربة الثقيلة) ، ويرتفع لأعلى بواسطة تيارات الحمل الصاعدة وقد تحمل بالرياح لمناطق أخرى مجاورة ، كما يزداد معدل التطاير والبخر بالمساحات البور < المساحات المنزرعة لتعرضها مباشرة للشمس والرياح فيسهل وصولها للغلاف الجوى والتي قد تتعرض أثناء ذلك للرطوبة الجوية النسبية المرتفعة أو حالات الشبورة والندى خاصة في الصباح الباكر حيث تتكاثف قطرات مائية وتعود بها لسطح الأرض مرة ثانية ويساهم في ذلك معدل ذوبان المركب (Solubility) والتي تلعب دورها في تحديد درجة ثبات جزيء المركب (Stability) خاصة في التربة ، فليس من الضروري أن تتوافق درجة ذوبان المركب مع ظاهرة التسرب (Leaching) لأعماق التربة أو تحركها رأسيا وأفقيا حتى تترسب بالقاع (Sedimentation)



شكل رقم (١-٣): كمونيل لانتقال المادة الكيميائية في نطاق البيوسفير

١: مكونات حيوية و ٢ : مكونات غير حيوية) حيث تشير الأسهم :

(→) حركة المادة الكيميائية بميكانيكيات طبيعية من المكون الحيوي .

(→) حركة المادة الكيميائية بميكانيكيات انتقال حيوية كتتبع الحركة مسن عقل لأخر أو بواسطته .

(→) يمثل الفقد في المادة الكيميائية بعمليات الانهيار .

(↔) يمثل انتقال المادة الكيميائية بين طورين غير عضويين .

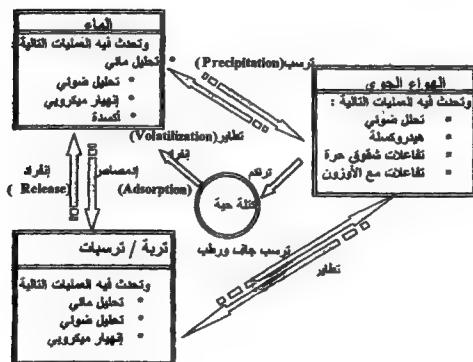
وتتعرض المبيقيات بالغلاف الجوى للأكسدة (Oxidation) أو الأكسدة الضوئية (Photo oxidation) بأشعة الشمس فتتفد بعض منها أو لحدوث تفاعلات متداخلة وتحول طبيعي (Transformations) ثم تعود بعدها مرة أخرى للتربة سواء بصورتها الأصلية أو المتحولة أو ممثلاتها التي قد تكون أكبر سمية لحدوث تنشيط بها (Intoxication) أو تكون أقل سمية لحدوث عملية تنشيط هدمي بها (Detoxication) .

كما يلاحظ لحدوث الغبار الجوى العالق (Suspended Dusts) على كمية عالية من جزيئات السموم المنمصة أو الممتصة أو المرتبطة بها وتبلغ ٠.٣ جزء في المليون (Part Per Million) ويزيادة مستوى الغبار العالق يزداد مستوى الإنمصاص ويزداد بدور الضرر بالاستنشاق (Inhalation) فرغم ضالة التركيز إلا أن الكمية من الهواء المستنشقة يوميا تتراوح بين ٢-٣٣ ميكروجرام / فرد/يوم ويتوقف ذلك تبعا لسرعة التنفس من (نوم-راحة-أو مشى أو جرى) وهي تمثل عموما ٢-٥% من الكمية المتناولة يوميا مع الطعام .

→ ولقد أثبتت البحوث البيئية أن الكمية المأخوذة يوميا من مبيقيات مركب ددت ومشابهاته وممكناته بالهواء الجوى ٠.٢٢٧ ميكروجرام /كيلوجرام أي ما يعادل جزء في البليون (PPb) /يوم في حين الكمية المأخوذة مع الغذاء كانت ٠.٨ مللجرام في حين أن أقصى كمية مسموح بأخذها يوميا (Maximum Allowable Concentration : MAC) هي ١٠ ميكروجرام/ يوم مركب الديلدرين (الدين إيبوكسيد) هي (٠.٠٤٦ ، ٠.٠٨ ، ٠.١) أما بالديلدرين إيبوكسيد (الدينين) فكانت (٠.٠١ ، ٠.٠٤ ، صفر) في حين بالدينين (جاما - سانس كلوريد البنزين) فكانت (٠.٠٠٢ ، ٠.٠٧ ، صفر) على نفس الترتيب السابق .

وفى الآونة الأخيرة تقدمت كثيرا دقة وتنوع انتقال جزيئات السموم لدرجة استخدامها في التقييم والقياس المتكامل للمشاكل البيئية المعقدة حيث تمد دراسات انتقال السموم بمعلومات عن مدى انتشارها وانتقالها ومآلها

حيث تلعب دور المفتاح في كثير من عمليات التطوير ونظم الاستخدام وقياس التركيز المعرض له والمستخدم بدورة في تحليل المخاطر الناجمة عنه والتي تحتاج لمعلومات عن الانتقال والتحول الحيوي (التمثيل) لها ، لذا فمن الأهمية بمكان دراسة القواعد الأساسية في ديناميكيات النقل وعلاقتها بتطور تقنيات التعريض القادرة على تتبع تركيزها في مكونات النظام البيئي وعليه فوصول مركب كيميائي للبيئة سوف يكون نتيجة انتقال جزيئاته في الهواء وتلامسها أو ترسيبها للماء والتربة والترسبات والكتلة الحية شكل رقم (٤-١) .



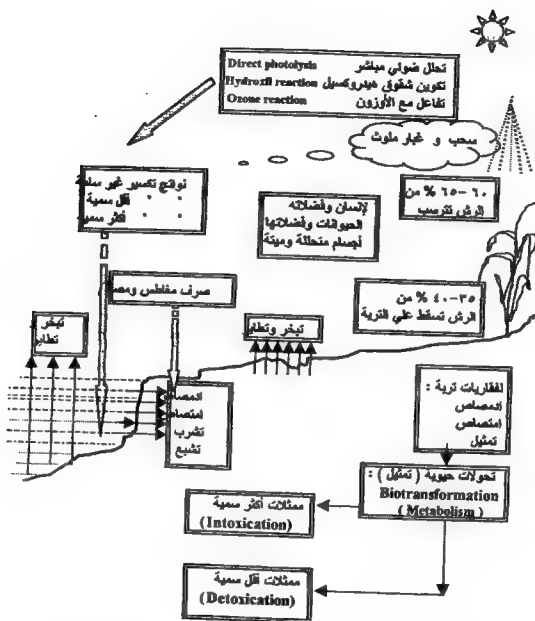
شكل رقم (٤-١): رسم تخطيطي يوضح عمليات انتقال الملوثات الهوائية في مكونات النظام

وكما سبق تتأثر عملية الانتقال كثيرا بالصفات الطبيعية والكيميائية الداخلية لجزيئي المركب والتي تؤثر في الانتقال بين حجري (Intra Compartmental Transport) حيث أن عمليات الانتقال لدخل الحجرات (Inter Compartment) سوف تعزى للتركيز الأصلي في حجرة خاصة في مكونات النظام البيئي ويجب الأخذ في الاعتبار أن هناك العديد من عمليات التحول والتي سوف تعمل تلقائية وفي وقت واحد (Simultaneously) لتحوله من صورة لأخرى أو تؤدي لانهياره ويمكن التعبير عن التركيز الأصلي (Net concentration) لجزيئات السم أو الملوث البيئي بالمعادلة التالية :

$$dt/dc = \text{مجموع } K_i (\text{التركيز الأصلي: } c) + 1 + (\text{معامل التوزيع التجزيئي: } K)$$

لذا ففهم معامل التوزيع التجزيئي وثوابت معدلات الانتقال تقيد كثيرا في قياس التركيزات المعرضة من المادة السامة في الحجرات الأربعة الرئيسية في البيئة : هواء-ماء-تربة/ترسيات-كلنتات حية) شكل رقم (٥-١) .

يعتبر الضغط البخاري (Vapor Pressure) لأي مادة سامة أو أي ملوث كيميائي صفة طبيعية هامة لها أهميتها في تحديد المدى الذي ستنقل إليه جزيئات المركب السام في الهواء وبالرغم أن بيانات الضغط البخاري بمفردها يمكن أن تمد بمعلومات قيمة عن مقدرة الانتقال (Transport Ability) خلال الهواء إلا أن إدمصاصها بالأسطح المختلفة سوف يغير من الانتقال البخاري فلقد لوحظ أن الفقد البخاري من مركب الأروكلور (Aroclor) يمكن تقديره من أسطح الرمل الفقيرة بالإمصاص في حين تكون قليلة لدرجة يمكن تجاهلها عند ارتباطها بأسطح التربة شديدة الإدمصاص فوجود ذرات الكلور بالجزيئات أيضا يتأثر بفقد البخار حيث يقل الفقد بزيادة عدد ذرات الكلور بالجزيئي (البيفينولات المكلورة) وتطير جزيئات هذه السموم وتبخرها بالهواء من الأسطح (التربة-الترسيات) أو المظهر المائي يؤديا لزيادة تركيزها في الهواء والذي كما سبق يزداد أكثر في وجود الأتربة (Dust) بالهواء ، كذلك وجود الرطوبة بالهواء (Air-Water) والأتزان الهوائي الأرضي (Air Land Equilibria) (الترسيب الجاف والرطب وانتشار الغازات) كذلك الخلط الأفقي التروبوسفير (من نقطة المصدر بالمركز الهيميسفيري Hemispheric) أو ينتشر فيعم نطاق الكرة الأرضية (Global) والخلط الرأسي بين التروبوسفير والستراتوسفير .



شكل رقم (٥-١) : رسم تخطيطي يوضح عمليات انتقال الملوثات الهوائية في مكونات النظام البيئي وعمليات التحول التي تحدث بكل مكون.

كذلك لا يمكن تجاهل دور حجم الجسيمات وطبيعتها (Particle Size & Nature) والمؤدية لإتفراد هذه الكيماويات العضوية كذلك عمليات التحولات الحادثة في الغلاف الجوى (Atmosphere) والمعقدة والتي يمكن تقسيمها إلى :

١- عمليات تحليل ضوئي :

وهذه العمليات لها أهميتها في تتبع إتهيار الحديد من الكيماويات العضوية طالما أن الحديد من الجزيئات لها طاقة ربط تكافئ تقريباً طاقة مستوى الإشعاع الشمسي البحري : ٩٥ كيلو كالوري/مول فوتون (Sea level solar cut off) ، وتكون أهميتها أكبر بالنسبة لجزيئات السموم التي تمتص الأطوال الموجية لأشعة الشمس فعند ارتفاع الإشعاع الكلي المعهود (Flux) تكون النتيجة زيادة كمية التحليل الضوئي وتفاعلات الحالة المثارة كذلك تخريب الأوزون بالهيدروكربونات الهالوجينية في الإستراتوسفير .

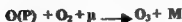
٢- تفاعلات الكيماويات السامة مع شقوق الهيدروكسيل والأوزون :

وهي أهم تفاعلات الإتهيار خاصة الكربونات الهيدروكسيلية في التروبوسفير حيث مصادر شقوق الهيدروكسيل في الغلاف الجوى السفلي (Atmosphere) هي :



ولقد تم قياس متوسط تركيز شقوق الهيدروكسيل الشامل والهيمسفيرى بالهواء المحيط (Ambient) حيث وجد أنه يتراوح بين ٢.٩ - ٦.٣ × ١٠^{١٠} شق حر / سم^٣ . وينشط الشق الهيدروكسيلي أكثر مع الكيماويات التي تتمثل بمعدل آلية من الدرجة الثانية وبالنسبة للهيدروكربونات فلان متوسط معدل الثابت يكون في حدود ١٠^{-١٠} - ١٠^{-١١} م^{-١}/ث^{-١} وينخفض إلى ١٠^{-١٠} - ١٠^{-١١} م^{-١}/ث للهيدروكربونات المحتوية على ذرات هيدروجين رابطة أو روابط زوجية.

ويرجع مصدر الأوزون الملوث للغلاف الجوي (Atmosphere) إلى :



حيث يشير الرمز (M) إلى جزيء ثالث غير نشط (Non-reactive third body) فتركيز الأوزون في الغلاف الجوي بالمدن الملوثة ربما يتراوح في حدود ١٠ جزء في المليون بينما يبلغ تركيزه ٢٠ - ٨٠ جزء بالمليون في الهواء النقي .

ويلاحظ أن الألكينات تتفاعل أسرع مع الأوزون عن المركبات العضوية الأخرى حيث يتراوح ثابت المعدل بين 10^{-10} - 10^{-11} م^٣/ث^١ وبناء على تركيز الأنواع المتفاعلة والملائمة لمعدل ثابت الدرجة الثانية بالتفاعلات العضوية الأتوموسفيرية مع الكينيات وهذه التفاعلات في الغالب تحول السموم لمواد غير سامة باستثناء بعض الحالات فتواتج التحول الطبيعي التروبوسفيري تكون أكثر سمية من المركبات الأصلية فعلى سبيل المثال المركبات الهيدروكربونية الأروماتية العديدة النواة (Poly nuclear aromatic compounds) تتحول طبيعياً إلى مواد مطفرة (Mutagenic) بتعرضها للهواء المحيط أو طبخن (Smog) المماثل .

فالهدم الضوئي على سبيل المثال للمثيلين كلوريد المنتشر استخدامه في الصناعة لفترات طويلة (Methylene chloride-Photo decomposition) والذي يكون معدل انفراده كثيراً في منطقة التروبوسفير وهنا تكون الحاجة ماسة لبيانات عن ثباته وتحوله وماله للتمكن من قياس التعرض المتوقع وجوده على الكائنات الحية التي تعيش في التروبوسفير كمناطق أولية في البيئة وتحتاج لأخذها في الاعتبار عند تقدير ثبات ومال المركب خاصة وأن له ضغط بخاري عالي ومعدل ذوبان منخفض في الماء :

أ- تحت الظروف الثابتة (Steady state conditions) بقياس تركيزه ومعدل انفراده الطبيعي ومنها يمكن معرفة معدل الهدم وفترة نصف الحياة حيث تتم

هذه القياسات تحت ظروف حالة ثابتة (معدل دخول هذه الجزيئات - معدل فقدها).

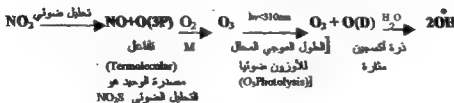
ب- قياس ثابت المعدل انتفاعله مع أنواع تريوسفيرية خاصة معلومة التركيز والمسنولة عن الهدم في التريوسفير فإذا كان متوسط تركيز هذا النوع في التريوسفير معروف فإن معدل الهدم للمركب يمكن حسابه .

ج - أو بتفاعله تحت ظروف تريوسفيرية مماثلة وقياس معدل الفقد مباشرة فتركيزه في التريوسفير $> 5-30$ جزء في التريليون (PPT) ومعدل إنفراده 3.5×10^{-11} جرام / سنة⁻¹ .

معدل الفقد (Decomposition Rate) $0.693 / 1.55 = 0.447$
 = كتلة المثلثين كلوريد بالتريوسفير / معدل الانفراد
 إذن $1.55 = 20-50$ يوم

ونظرا لعدم المعرفة الدقيقة لتركيزه في التريوسفير فهناك أربعة تقارير إشارات لقيمه بعضها لم تتمكن من تتبع تقديره عند حدود خمسة جزء في التريليون وبعضها قدر قيمته بأنها من $30-35$ جزء في التريليون .

وعليه فمعدل إنفراده الأصلي هو 3.5×10^{-11} جم/سنة⁻¹ وهو ثابت لعدة سنوات . والطريقة الثانية لتقدير معدل الانهيار والمتضمنة لشق الهيدروكسيل والمسار الرئيسي لتكوينه :



وهذا التفاعل يتضمن امتصاص ذرة هيدروجين من الميثانول كلوريد ويكون الشق داي كلور ميثيل والماء و يكون ثابت معدل التفاعل عند ٨-م^{١٠} سم^٣ جزيء / ث^١ أما عند قياسها على درجة حرارة الغرفة أعطت ثلاث قيم كان متوسطها هي صفر .

وبما أن تركيز شق الهيدروكسيل (OH) بالتريوسفير = ١٠^{-٦} سم^٣

وعليه يكون معدل الهدم =

$$t_{0.5} = 75/0.693 = (K)O \sim 40 \text{ يوم} \sim 2300 \text{ يوم}$$

ومما سبق يمكن تقدير فترة نصف الحياة للهدم من معدل تفاعل من الدرجة الأولى الكاذب (Pseudo first order reaction) :

$$(OH) K / 0.963 = t_{0.5}$$

فإذا كانت قيمة ثابت المعدل (K) وتركيز شقوق ألا لكل بالحالة الثابتة (معدل الدخول = معدل الفقد) فإن قيمة الثابت تتراوح بين ٢٣٠-٤٠ يوم وهذا الرقم ناتج من الاختلاف السابق والبالغ + ٢% لقيمة K، + للعامل الغير محدد (٢ أو ٣) لتركيز شق الهيدروكسيل .

أما الطريقة الثالثة لتقدير معدل الانهيار بالتريوسفير تحت ظروف جوية متماثلة ومعرضة لضوء الشمس الخفيف أو لضوء صناعي حيث يقاس تركيز المركب كدالة للزمن و الخطأ النسبي الذي يظهر في نتائج التعريض لضوء الشمس يكون نتيجة التفاوت في ضوء الشمس .

ويمثل الماء الوسيط الشاسع والذي يشكل ثلوثه مشكلة خطيرة للغاية سواء عن طريق المعاملة المباشرة أو الغير المباشرة (الغير متعمدة) كالتطهير والإنحراف والتبخير من التربة ثم إنجرافه بالهواء أو عن طريق تكاثف هذه المتبقيات مع مياه الأمطار وسقوطها مرة أخرى ، حيث أظهرت نتائج التحليل الدقيق لمتبقيات السموم الثابتة (كالدنت) أنها تبلغ ٠.٠٠٠٥ جزء في المليون بالأمطار وتبلغ بمياه الأنهار (المياه العذبة) ١٠-١٠^{-٦} جزء

في المليون وتتراوح بالبحيرات بين ١٠-٢٠ X ١٠^{-٦} خالصة بالبحيرات المقلية والتي لا تتجدد فيها المياه ويبلغ مستواها بالبحار ٢ X ١٠^{-٦} بينما تصل إلى ١ X ١٠^{-٧} جزء في المليون بالمحيطات ، كما ثبت وجود مخلفات منها بالقطب المتجمد الجنوبي والتلوج المتكونة على قمم الجبال العالية .

ومن الثابت وجود اتزان ديناميكي بين كمية المخلفات الموجودة بالغلاف الجوى والموجودة بالمسطحات المائية أسفلها وتحركها واتزانها بين هذين الوسطين يتوقف في المقام الأول على مستوى تركيزاتها النسبية فمن المتوقع حدوث تحرك من الهواء الجوى للماء وليس العكس ويشجع ذلك هبوب الرياح والدوامات الهوائية القريبة من السطح المائي للغلاف الجوى ويرتفع تركيزها في الماء عند حدوث أمطار لتكاثف أبخرة الماء على الغبار الجوى العالق والتي تبلغ تركيزاتها به ٣,٠ جزء في المليون ثم تسقط للماء بوصول هذه المتبقيات للماء تحدث عدة خطوات غاية في التعقيد حيث يصبح قابلا للتوزيع خلال مكوناته ويتأثر بالعوامل والعمليات المؤدية لتحركه وانتقال وتوزيع الماء مع مراعاة ذوبانها والتي تختلف من مركب إلى آخر ومن نوع مياه إلى آخر . ولقد أثبتت الدراسات وجود متبقيات مركب الدنت في المياه العذبة (١,٠٠٠٠٠ جزء في المليون) في حين بلغ تركيزها بمياه البحار (١,٠٠٠٠٠ جزء في المليون) ويتضاعف التركيز بالارتفاع في السلسلة الغذائية حيث يبلغ في نباتات المياه العذبة ١,٠٠٠ وبالبلانكتون بالبحار ٥,٠٠٠ وباللافقاريات بكلا نوعي المياه ١,٠ وبالأسماك البحرية ١,٠ وبالأسماك العذبة ٢,٠ جزء في المليون .

وكما سبق لا يستهان بنسبة الجزيئات التي وصلت لسطح التربة (من ٣٥ - ٤٠ %) من المعاملة والتي تبلغ ١,٠ - ٢,٠ جزء في المليون وتنتشر هذه الكمية من المتبقيات السطحية خاصة بعد هطول المطر أو بعد السري أو حالة ارتفاع الرطوبة وكذلك صفات التربة وهنا تتحرك لأسفل رأسيا (Downward movement) أو أفقيا وللجساتيين (Horizontal movement) خاصة بارتفاع الرطوبة أو السعة الحقلية المائية (Hold water capacity : HWC) للتربة مما يشجع على حدوث ظاهرة التشرب (Leaching) للمتبقيات لأسفل أما في حالة هطول المطر أو الري فان ذلك يؤدي لغسيل

المتبقيات (Washing) بالطبقة السطحية وهبوطها لأسفل ، وهكذا تتراكم عام بعد عام خاصة وكما سبق عند تكرار مثل هذه المعاملات ، كذلك انواعية التجهيز (Formulation) للمركب السام تأثيرها فالمستحضرات (التجهيزات) القابلة للذوبان في الماء تنتشر في التربة ، وبدرجة أسرع من مثيلتها ذات القابلية المنخفضة للذوبان ويساعد في ذلك الممواد الإضافية أو المساعدة (Adjuvant Agents) المضافة أثناء التجهيز .

كذلك فالحجم حبيبات جزئيات المركب (Particle size) أثره فكلما قلت حجم الحبيبات زاد معدل انمصامها (Adsorption) على حبيبات التربة ومن هنا تزداد الفاعلية البيولوجية للمركب حيث تطول في نفس الوقت فترة ثبات وبقاء مخلفاته (Residual effect) و أيضا فزيادة تركيز جزئيات المركب السام والواصلة للتربة تزيد من كمية مخلفاته وبالتالي درجة ثباته وهنا تزداد كمية مخلفات المركبات الثابتة (Stable poisons) عن المسموم الأقل ثبات (Less Stable) فتتراوح فترة نصف الحياة ($t_{0.5}$) بها من ٣-١٠ سنة في المتوسط تبعاً للعوامل البيئية (ماء-تربة-هواء-كثلة حية) والعوامل المناخية (حرارة - أشعة شمسية) ونوعية جزئ المركب السام .

كذلك فالصفات الطبيعية للتربة تؤثر على مدى ثبات جزئياتها وأثرها المتبقي (Residual effect) ونشاطها المتبقي (Residual activity) مثل نوعية التربة (Soil type) فالترربة الثقيلة والمحتوى على مادة عضوية (Organic matter) تزداد بها درجة أدمصاص جزئيات المركب السام عن التربة الخفيفة والأخيرة أكثر من التربة الرملية ، كما أن عمليتي التطاير والتبخر تقل بالأراضي الثقيلة وخاصة الغنية منها بالمواد العضوية عن التربة المتوسطة أو الخفيفة كذلك فلنتركز أيون الهيدروجين (pH) له دور فهو أحد العوامل المؤثرة لارتباطه بالعديد من العمليات الطبيعية والكيميائية والحيوية مثل ثابت التفكك (Dissociation constant: K_a) وتغيره على معادن الطين والسعة أو المقدرة التبادلية للأيونات (Ion exchange capacity) ومعدل انهيارها الميكروبي (Microbial deterioration) ومعدل انهيارها الكيميائي (Chemical deterioration) كذلك فالدرجة الحرارة تربة (Soil temperature) أهميتها في تحديد مدى ثبات هذه المتبقيات وسرعة انهيارها الكيميائي وتخلها وتطايرها وانخفاض النسبة

المنمصة منها بالتعرض للحرارة كذلك تؤدي لزيادة عامل التشرب لهذه المتبقيات لأسفل (Leaching) كذلك فلرطوبة التربة (Soil-moisture) أثره على درجة ثبات مخلفات هذه السموم والتي تزداد في التربة الجافة (ولكن يزداد تطايرها أو تبخرها إذا ما كانت جزيئاتها مستعدة لذلك من حيث الضغط البخاري لها) وتصبح في صورة حرة منفردة أما في التربة الرطبة فيحتمل أن يزيد درجة تحللها المائي (Hydrolysis) إذا ما كانت طبيعة جزيئاتها قابلة للتحلل المائي خاصة في وسط التربة الذي غالبا ما يكون قلوي (الأراضي المستصلحة والطميية للبكر) كما تزداد في نفس الوقت فرصة التشرب (Leaching) ، أما محتوى التربة من الكائنات الحية الدقيقة (Microorganism) ولا قناريات التربة (Soil invertebrate) والتي لها علاقة مباشرة مع مستوى المادة العضوية بالتربة (Organic matter) في الغالب خصوصية التربة تتأثر كثيرا بفعل متبقيات هذه السموم خاصة تركيزها ، فبعض هذه الكائنات الحية يمكن تحليلها أو إنبهائها ميكروبيًا (Microbial degradation) وهنا تتمكن هذه الكائنات الحية من استعادة نشاطها مرة أخرى بل وإن لبعضها القدرة بعد هدم المركب السام من الاستفادة من محتواه الكبريتي أو الفسفوري واستغلالهما في دورة الكبريت أو القومفور بأجسامها وعموما يلاحظ أن الفطريات الأرضية (Soil fungi) أكثر حساسية لمتبقيات السموم بصفة عامة عن بكتيريا التربة . كما أن لدرجة نشاط وحركة هذه الكائنات دورة الحيوي حتى أن موتها بعد تأثرها بهذه المتبقيات (نتيجة التسمم) يؤدي لتغير صفات هذه التربة لزيادة محتواها من هذه المخلفات الموجودة بأجسامها الميتة المتحللة فتقوم بكتريا البسيدوموناس (Pseudomonas) والبريفي باكتيريا (Brevibacterium) والأزوتوموناس (Azotomonas) بدور معنوي في التخلص من مخلفات ومتبقيات بعض هذه السموم بهدمها حيويًا (Bio-detoxification) فيبلغ معدل هدمها لمتبقيات الباراثيون السام إلى ٥٠ ملج/لتر/ساعة حيث تستفيد من الكربون بمركب الباراثيون كمصدر للكربون والطاقة في مزارعها الميكروبية كذلك ذرات الكبريت والفسفور ولم تتأثر هذه الميكروبات إلا عند رفع الباراثيون إلى ١٠.٠٠٠ جزء في المليون (١٠ جم/لتر ماء) حيث يقف نشاطها - ولقد أمكن عزل الإنزيمات الهادمة لهذه المركبات ميكروبيًا (وهو ما سيتم تناوله بالتفصيل بإحدى الأبواب اللاحقة) كذلك تربية سلالات مقاومة منها يمكنها أكل أو التغذية على مثل هذه المتبقيات .

وتصل متبقيات السموم للزراعية (Agrotoxicants) وبكميات لا يستهان بها وهو ما يتبقى من المحصول السابق معاملته في التربة بعد عملية الجمع أو الحصاد (Harvesting) فعلى سبيل المثال بعد حصاد محصول مثل القمح أو البرسيم أو الذرة تبقى بالتربة كمعوب لهذه النباتات (وهي قواعد المبيقان و المجموع الجذري المتصل بها) والتي بعد حرثها (قلبها في التربة بغرض زيادة خصوبة التربة من خلال زيادة محتواها العضوي بهذه الكمعوب بعد تحللها) فعند تقديرها من خلال حساب عدد هذه الكمعوب / فدان ومتوسط ما يحتويه الكمع من متبقيات مامة وجد أنها بلغت ١٠٠ ميكروجرام / فدان / سنة ، كذلك هو ما يحدث عند إجراء عملية التقليل .

كذلك أجريت دراسة وتم فيها تقدير متوسط هذه المتبقيات في الكائنات الحية بالتربة خاصة عقب عمليات قلب التربة (الحرث) وبفرض احتواء الكائن الحي على ٠,١ جزء في المليون من المتبقيات / كائن وأن بالفدان (٤٢٠٠ م^٢) حوالي ١٠,٥ طن كائنات حية / فدان لكانت كمية هذه المتبقيات حوالي ١٢,٥ جرام / فدان وتزداد خطورتها خاصة مع السموم الثابتة .

الباب الثاني

الغلاف الجوى والسموم والملوثات
البيئية

وغالبا ما يظهر التلوث وبصورة واضحة للهواء الجوى بالمدن والمناطق المحيطة بها لإنتشار وسائل النقل في معظم ساعات اليوم خاصة في وقت الذروة وانتشار المصانع بمداخلها ووسائل التفتة مما يؤدي في جملته إلى تغير الصفات الطبيعية والكيميائية لكثلة الهواء الجوى بصفة خاصة ولباقي المكونات بالنظام البيئي بصفة عامة كالمسطحات المائية (أنهار وبحار ومحيطات وبحيرات ..) والتربة والكثلة الحية وتزداد درجة التلوث بالمدن المزدحمة الأهلة بالسكان مثل نيويورك ولاس فيجاس و القاهرة وبومباي أو المدن التي تكثر بها المؤسسات الصناعية الكبيرة خاصة معامل تكرير البترول والمصانع البتروكيميائية والمحطات الكهربائية والمجمعات الصناعية والتي تستخدم حتى الآن الفحم كوقود رئيسي حيث يحتوى على ملوثات أخرى بجانب أول وثاني أكسيد الكربون إلى الكبريت والذي يتحول إلى ثاني أو ثالث أكسيد الكبريت .

ويقسم الغلاف الجوى والمحيط بالكرة الأرضية لعدة طبقات :

١- طبقة التروبوسفير (Troposphere)

وهى الطبقة السفلى التي تعلو سطح الأرض مباشرة وتعيش فيها الكثلة الحية (Biota) : الإنسان والحيوان والنبات وتحتوى على الهواء الذي نتنفسه ويبلغ أقصى متوسط لسمكها ١ كيلو متر عند خط الاستواء ويقل تدريجيا بالاتجاه إلى القطبين الشمالي والجنوبي فتصل إلى عشرة كيلو مترات .

وهى طبقة مضطربة خاصة كلما اقتربنا من سطح الأرض ولارتفاع ٣ كيلو متر (وهو ما يمثل ٢٠% من كثلة هذه الطبقة والتي تمثل ٨٠% من الغلاف الجوى) ويظهر هذا الانقلاب في صورة إنخفاض في درجة الحرارة بالارتفاع لأعلى تجاه طبقة التروبوز (Tropopaz) حيث تنخفض درجة الحرارة درجة واحدة كلما ارتفعنا ٣٠٠ متر عن سطح البحر كما ينخفض الضغط الجوى وكثافة الهواء وتزداد سرعة الهواء مع أمطار وغيوم .

ويقوم هذا الغلاف بعكس ما تبقى من الأشعة الشمسية المساقطة خلال الطبقات الثلاثة العليا مرة أخرى للفضاء (حيث تمتص كل طبقة من

الطبقات الثلاثة نسبة منها وتعكس نسبة أخرى ثم تمر النسبة الباقية للطبقة التي تليها و : خا) .

٢-١- طبقة الأستراتوسفير (Stratosphere) :

وهي الطبقة التي تعلو التروبوسفير ويصل ارتفاعها حتى ٨٠ كيلو متر وهوائها متخلخل لحد بعيد كما تقل نسبة بخار الماء (٣ مللج/لتر) وتتميز بثبات درجة حرارتها (Isothermal) فتخلو من العواصف وتتميز إلى طبقتين :

٢-١-١- التروبوبوز (Tropopause) :

وتشكل حوالي ١٥% من كتلة الغلاف الجوي وذات جو صاف خالي من الغازات لذا تستغلها الطائرات وتصل بها نسبة بخار الماء ٣ مللج/لتر وترتفع فيها درجة الحرارة تكريجيا وحتى ٥٠ كيلو متر ثم تنخفض سريعا ويقوة في الثلاثين كيلو متر الباقية .

٢-٢- الأوزونوسفير (Ozonosphere) :

ويتركز فيها معظم الأوزون الجوي خاصة بين مستوى ٢٠-٤٠ كيلو متر خاصة على وجه الخصوص ارتفاع ٢٤ كيلو متر .

ويتكون الأوزون فيها بفعل أشعة الشمس الحارة خلال الغلاف الجوي المحتوى على موجات أشعة فوق البنفسجية فتحدث تفاعلات ضوء كيميائية (Photochemical Reactions) لجزيء الأكسجين فيتحول لأكسجين نرى يرتبط بالأكسجين الجزيئي ويعطى جزيء الأوزون (O_3) .

وتعتبر طبقة الأوزون هي الحاجز الواقى الذي يحد من نفاذ الأشعة الفوق بنفسجية (كمصفاء) وبعض الأشعة الشمسية وأشعة الأجرام الكونية الأخرى ذات التأثير الميئى الضار على الكائنات الحية والتي لها تأثير مسرطن (Carcinogenic) .

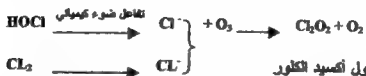
ويلاحظ الآن تآكل في طبقة الأوزون خاصة فوق القارة القطبية الجنوبية (انتراكيا) وفوق جبال الألب وأعلى القطب الشمالي حيث بلغت نسبة التآكل ٥٠% عام ١٩٧٨ و بلغت الآن ٨٠% حيث لوحظ ارتباط موجب بين درجة التآكل وزيادة تركيز مركبات الكلوروفلوروكربون والمركبات الكلورة وبالتالي نقص في تركيز الأوزون والذي بلغ ٣٣ وحدة

عام ١٩٥٧ وبلغ النقص ١٨٠ وحدة عام ١٩٨٥ ، وذلك إذا ما أخذنا في الاعتبار أن الأوزون لا يمكن تخليقه معمليا ليستنى إطلاقه في القضاء الخارجي فهو يخلق طبيعيا (تخليق كوني) حيث يتوازي معدل تخليقه مع معدل هدمه بالأشعة الكونية .

ولو أخذنا في الاعتبار أن ارتفاع وتصاعد هذه المركبات المسببة لتآكل طبقة الأوزون بطيء جدا ويستغرق عشرة سنوات وأن فترة نصف الحياة لمثل هذه المركبات : فلورتراى كلورو كربون ، رابع كلوريد الكربون وثلاثي كلورو الأيثان وحمض الهيدروكلوريك والهيدروكلوريك سيعون عاما وعليه فلو تم منع الأنشطة الفاجمة عنها هذه المواد فلا يمكن إيقاف التآكل إلا بعد سبعون عام ومعظم المركبات السابقة الذكر تخرج مع الانفجارات البركانية حيث يبت من المركبات الثلاثة الأولى حوالي ١١ مليون طن/سنة ويبت من المركبان الأخيران حوالي ٦٦ مليون طن/ سنة . ويتم التآكل في فترة الليل القطبي البارد الطويل (٦ شهور) في طبقة الاستراتوسفير على النحو التالي :



وعند بداية الربيع يتحلل الهيبوكلوريت والكلور تحلل ضوء كيمائي وينطلق الكلور الذرى الذي يهاجم الأوزون مع بداية الربيع حيث نقل كميات ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) حيث تتحول لأكسيد النتريك (N_2O_2) والذي بدوره يتحول لجزيئات من حمض النتريك :



وقد لوحظ أن نسبة أول أكسيد الكلور في القطب عام ١٩٨٧ عشرة أضعاف المتوقع .

وباستمرار فصل الربيع وتوافر الأشعة فوق البنفسجية (Ultra Violet Light) (UVL) ذات الطاقة الكبيرة يتحلل حمض النتريك ويعطى بدورة ثاني أكسيد النتروجين (NO₂) والذي يتفاعل بدوره مع الكلور الذرى وتعطى نترات الكلور CPNO₃ وهنا يتوقف التفاعل مع الأوزون :



وكما زاد تآكل طبقة الأوزون بنقص تركيزه تزداد كمية الأشعة الكونية خاصة الغير مرئية كالأشعة فوق بنفسجية والتحت الحمراء التي لا تتحملها الكائنات الحية الحيوانية والنباتية والواصلة لسطح القشرة الأرضية مما يؤدي بدوره لخلل في التوازن البيئي وارتفاع نسبة سرطان الجلد والمياه البيضاء بالعيون والعمى ونقص المناعة الطبيعية خاصة بالمناطق الجبلية الشاهقة لاستقبالهم قدر أكبر من الأشعة قبل أن تمتصها الأتربة العالقة بالجو .

٣- طبقة الأيونوسفير: الأثير (Ionosphere) :

وهي طبقة ذات ضغط مخلخل ويقرب من الفراغ ويبدأ من ارتفاع ٨٠ كيلو متر وحتى ٣٦٠ كيلو متر وهوائها متأين لبروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة والإلكترونات سالبة نتيجة التفاعلات الضوء كيميائية يفعل الأشعة فوق البنفسجية وكلما ارتفعنا لأعلى تزداد كثافة أو تركيز الإلكترونات حيث تنعكس عندها الموجات الكهرومغناطيسية اللاسلكية وتتركز .

٤- طبقة الأكسوسفير (Exosphere layer)

وتمتد من ارتفاع ٣٦٠ كيلو متر حتى نهاية الغلاف الجوى حيث ينعدم فيها الوزن وترتفع الحرارة بشكل خطير .

مكونات طبقة التروبوسفير (Troposphere):

ومن الأهمية بمكان الأخذ في الاعتبار أن ما يهمنا هنا من الناحية البيولوجية الطبقة السفلية : طبقة التروبوسفير والمحتوية على الهواء المتنفس بالكائنات الحية النباتية والحيوانية حيث الهواء النقي بهذه الطبقة كما أن مكوناته الطبيعية ينسبها الطبيعية كما بالجدول التالي رقم (١-٢) عديم اللون والرائحة وثابت التركيب لخضوعه باستمرار للتجديد من خلال الدورات الحيوية المتعددة للنظام البيئي (Ecosystem) والذي يصبح عرضة للتغير في حالة التلوث أو الخلل البيئي :

جدول رقم (١-٢): نسب المكونات الأساسية لمكونات الهواء الجوى طبيعية المصدر أو الناجمة عن الأنشطة البشرية :

الملوث	% للتلوث من المصادر الطبيعية	% للتلوث من الأنشطة البشرية	المجموع
أول أكسيد الكربون	٤٠	٦٠	١٠٠
ثاني أكسيد الكربون	٨٠	٢٠	١٠٠
ثاني أكسيد الكبريت	٣٠	٧٠	١٠٠
أكسيد النيتريك (ثاني أكسيد النيتروجين)	٩٥	٥	١٠٠
الامونيا	٦٠	٤٠	١٠٠
كبريتيد الهيدروجين	٥٠	٥٠	١٠٠
غبار ودخان	٨٠	٢٠	١٠٠
% الكلية	٤٣٥	٢٦٥	٧٠٠

ويتكون الهواء الجوى من أربع غازات تمثل ٩٩,٩٩ % من حجم الهواء الكلى :

أ- الأكسجين (Oxygen : O₂) :

وتبلغ نسبته بالهواء الجوى ٢٠,٩٦ % من حجم الهواء أي ما يقرب من ٢٣,١٤ % من وزنه ، وتقدر بحوالي ١٢٠٠ مليون طن . ويتوقف على وجوده العديد من صور الحياة للكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية ويدخل في أغلب التفاعلات بسطح الكرة الأرضية ووجوده في طبقات الجو العليا مع نسبة من غاز الأوزون يعطى اللون الأزرق والذي يكون بمثابة عازل يمتص نسبة كبيرة من الأشعة فوق بنفسجية المنتشرة خلاله ، فوجود الأوزون بنسب ضئيلة في الهواء المتنفس مفيد للصحة ولكن يظهر ضرره على الصحة بزيادة نسبته ، كما أنه قابل للتحويل التلقائي لأكسجين وتنفرد منه كمية من الطاقة في صورة حرارة ويبقى الأكسجين حوالي ٣٨٠ سنة دون أن يطرأ عليه أي تغير .

ب- النيتروجين (Nitrogen : N) :

تبلغ نسبته ٧٨,٢١ % من حجم الهواء أي ما يقرب من ٧٦,٠٣ % من وزن الهواء بالغلاف الجوى ، وترجع فائدته لتخفيف تركيز الأكسجين بالهواء للنسبة الملائمة لنشاط أنسجة الجسم كما يؤدي لانكسار الأشعة الشمسية عند اختراقها لهذه الطبقة كما تتحطم فيه الشهب المنجنية لسلارض وترجع له قوة التيارات الهوائية .

ج- ثاني أكسيد الكربون (Carbon Dioxide: CO₂)

وتبلغ نسبته ٠,٠٤ % من حجم الهواء أي ما يوازي ٠,٠٥ % من وزن الغلاف الجوى وتتفاوت هذه النسبة من مكان لآخر حيث تنخفض تدريجيا من المناطق الصناعية للمناطق الأهلة بالسكان والمزدحمة بالمواصلات ثم المناطق الساحلية فالمناطق الزراعية ولهذا تقوم بعض الدول بعمل حزام أخضر (Green band) حول العواصم المزدحمة بالمواصلات والأهلة بالسكان كالقاهرة فيقوم بامتصاص ثاني أكسيد الكربون نهارا أثناء

تتفهمها وتعطى بعد تمثيله ضوئيا عملية البناء الضوئي (Photosynthesis) في وجود الكلوروفيل بالبلاستيدات الخضراء النباتية الأكسجين للجو المحيط .

كما أن ثاني أكسيد الكربون والموجود بالغلاف الجوي سواء أكلن طبيعي المصدر وهو ما يمثل ٩٥ ٪ من كميته أي ما يعادل مليار طن سنويا أو الناتج من الأنشطة البشرية وهو ما يمثل ٥ ٪ بحفظ الإشعاعات الحرارية الأرضية والمشعة من سطح الكرة الأرضية فترتفع درجة حرارتها ففي القاهرة حوالي مليون سيارة (١٩٩٢) تستهلك نحو ١٩٢٥٠ مليون طن وقود وتنتج ما يقرب من ١٥٤,٠٠٠ طن نواتج احتراق مثل أول أكسيد الكربون أول وثاني أكسيد النتريك وأكسيد النيتروجين والأكاسيد الكبريتية مثل ثاني وثالث أكسيد الكبريت (والذي لا يتعدى ٠,٠٠٠١ ٪ من ثاني أكسيد الكبريت أي حوالي جزء في المليون) ، جدول رقم (٢-٢).

كما يحتوى الهواء الجوي على نسب ضئيلة جدا من أول أكسيد الكربون وبعض الغازات الخاملة مثل النيون (Neon : Ne) والكريبتون (Krypton: Kr) والأرجون (Argon : Ar) والذي تبلغ نسبته ٠,٧٩ ٪ أي ما يعادل ٠,٧٧ ٪ من وزن الهواء كذلك يحتوى على غاز الهيدروجين والهليوم كما يحتوى على نسبة ضئيلة من بخار الماء (١ ٪ بالمناخ الجاف وترتفع إلى ٤ ٪ بالمناخ الرطب) كما يحتوى على نسبة من الهيدروكربونات تبلغ ٥٣ مليون طن .

جدول رقم (٢-٢) : مكونات الغلاف الجوي عند المستوى الأرضي :

المركب	تركيزه (ميكرو جرام/م ^٣)	فترة بقاءه (بالسنة)
الأرجون	١,٦ X ١٠ ^{-٧}	-
الهليوم	٩٢٠	٢٠٠٠,٠
بخار الماء	٣٠٠٠ X ١٠ ^{-٤}	٠,٠٣
ثاني أكسيد الكربون	٨-٤ X ١٠ ^{-٥}	٤,٠
الميثان	٨,٥-١١ X ١٠ ^{-٦}	١٠٠
أكسيد النيتروجين	٥-١٢ X ١٠ ^{-٦}	٤,٠
أول أكسيد الكربون	١-٢٠	٠,٣
ثاني أكسيد الكبريت	٠-٥٠	٠,٠١٥
كبريت الهيدروجين	٣-٣٠	٠,١

وجود المكونات الغازية السابقة بنسبتها الطبيعية ، جدول رقم (٢-٣) السابقة تحفظ الهواء الجوي في درجة حرارة مناسبة (١٥ - ٢٢° م) وبمتوسط سنوي ١٥-١٨° م وهي أقل من درجة حرارة الجسم حتى يمكن للجسم التخلص من درجة حرارته الزائدة بالإشعاع للهواء المحيط بالجسم أو النقل خاصة مع الهواء المتحرك الديناميكي المتجدد حيث يلزم للفرد يوميا ١٤٤٠ م^٣ (أي بمعدل ٢٠م^٣ / ساعة x ٢٤ ساعة ورطوبة لا تزيد عن ٨٠ % خاصة بأماكن العمل) .

جدول رقم (٢-١) : النسب الطبيعية لمكونات الهواء الجوي الجاف بالقرب من مستوى البحر :

المكون	جزء في المليون PPM	% بالحجم	الوزن الكلي (مليون طن)
الأكسجين (O ₂)	٢٠٩٤٠٠	٢٠,٩٥	١٢٩٠٠٠٠٠٠٠
أول أكسيد الكربون (CO)	٠,١	٠,٠٠٠٠١	٥٤٠
ثاني أكسيد الكربون (CO ₂)	٣١٨	٠,٠٣١٨	٢٧٠٠٠٠٠
الأوزون (O ₃)	٠,٢	٠,٠٠٠٠٢	١٩٠
النيتروجين (N ₂)	٧٨٠٩٠٠	٧٨,٠٩	٤٢٢٠٠٠٠٠٠٠
أكسيد النيتروز (N ₂ O)	٠,٢٥	٠,٠٠٠٢٥	١٧٠٠
ثاني أكسيد النيتروجين (NO ₂)	٠,٠٠١	٠,٠٠٠٠١	٩
أكسيد النيتريك (NO)	٠,٠٠٠٠٦	٠,٠٠٠٠٠٦	٣
أمونيا (NH ₃)	٠,٠٠١	٠,٠٠٠٠١	٢١
ثاني أكسيد الكبريت (SO ₂)	٠,٠٠٠٠٢	٠,٠٠٠٠٠٢	٢
كبريتيد الهيدروجين (H ₂ S)		٠,٠٠٠٠٠٢	١
أرجون (Ar)	٩٣٠٠	٠,٩٣	٧٢٠٠٠٠٠٠٠
نيون (Ne)	١٨	٠,٠٠١٨	٧٠٠٠٠
هيليوم (He)	٥,٢	٠,٠٠٠٥٢	٤٠٠٠
كربون (Kr)	١	٠,٠٠٠٠١	١٦٢٠٠
زينون (Xe)	٠,٠٠٨	٠,٠٠٠٠٠٨	٢٠٠٠
ميثان (CH ₄)	١,٥	٠,٠٠٠٠١٥	٤٦٠٠
هيدروجين (H ₂)	٠,٥	٠,٠٠٠٠٥	

ويحدث تلوث هواء الغلاف الجوي عند حدوث خلل في نسب توليد مكوناته سواء أكان الخلل نتيجة عوامل طبيعية مثل المسطحات المائية الراكدة والمغلقة والعواصف الترابية والرملية والمحملة بالدخان والجسيمات والغازات والأكاسيد الناجمة عن اشتعال الحرائق بالغابات طبيعياً والزيتوت الطبيعية المتطايرة وحبوب اللقاح والغازات البركانية بأماكن البراكين الثائرة أو نتيجة الأنشطة البشرية خاصة بالمناطق الصناعية أو الأهلية بالسكن والمزدحمة بالمواصلات وأماكن حرق القمامة المفتوحة ، جدول رقم (٢-٤) وتكون نتيجة ارتفاع نسبة هذه الملوثات في النهاية ارتفاع درجة حرارة الجو في صورة موجات حرارية وبشكل كوانتم تسير بخطوط مستقيمة طالما درجة حرارتها أعلى من الصفر المطلق (-٢٧٣) حيث يتوقف أطوالها الموجية على موجات الأشعة الصادرة عن حرارة الأجسام المشعة .

جدول رقم (٢-٤) : الغازات الملوثة للهواء ونسبها لمصادرها المختلفة

المصدر	CO	NO2	SO2	هيدرو كربونات	جسيمات
المصادر الصناعية	٩,٦	١	٢٢	١٤,٤	٢٦,٥
حرق نفايات صلبة	٧,٨	٢,٩	٠,٣	٥,٠	٣,٩
حرق نفايات زراعية	٨,٤	١,٥	كثير جدا	٥,٣	٨,٤
حرق نفايات غابات	٧,٢	٥,٨	كثير جدا	٦,٩	٢٥,٧
حرق نفايات فحم	١,٢	١,٠	١,٨	٠,٦	١,٤
حرق نفايات مباني	٠,٢	كثير جدا	كثير جدا	٠,٣	٠,٤
احتراق الفحم	٠,٨	١٩,٤	٦٠,٥	٠,٦	٢٩
احتراق الوقود المسائل	٠,١	٤,٨	١٣	٠,٣	١,٠
احتراق الوقود الغازي	كثير جدا	٢٣,٣	كثير جدا	كثير جدا	٠,٧
احتراق الخشب	١,٠	١	كثير جدا	١,٣	٠,٧
من وسائل النقل (بنزين)	٥٩	٣٢	٠,٦	٤٧,٥	١,٨
من وسائل النقل (ديزل)	٠,٢	٢,٩	٠,٣	١,٣	١,٠
من وسائل النقل (قاطرات)	٠,١	١,٩	٠,٣	٠,٩	٠,٧
من وسائل النقل (سفن)	٠,٣	١,٠	٠,٩	٠,٣	٠,٤
من وسائل النقل (طائرات)	٢,٤	كثير جدا	كثير جدا	٠,٩	كثير جدا
من وسائل النقل المتنوعة	١١,٨	١,٥	٠,٣	١,٠	٠,٤

الباب الثالث

الهواء الجوى وملوثات الهواء الغازية

تلوث الهواء الجوي بالملوثات الغازية (Air gas pollutants) :

تمثل ملوثات الهواء الغازية حوالي ٨٨-٩٠% من الملوثات الهوائية (أول أكسيد الكربون ٥٢% وأول أكسيد الكبريت ١٨% والهيدروكربونات ١٢% وأكاسيد نيتروجينية ٦%) حيث تمثل النسبة الباقية ١٠-١٢% الغيوم (Mist) وهى جزيئات سائلة أو صلبة بصورة حبيبات دقيقة جدا ومبعثرة فى الهواء الجوى . وهى ملوثات غازية للهواء على درجة حرارة ٢٥ م وضغط ٧٦٠ ملم زئبق أما الأبخرة (Fumes) فهي غازات ناتجة عن تبخير السوائل أو المواد الصلبة المتسامية والتي تعود لحالتها بعد تعرضها للحرارة والضغط .

١- أول أكسيد الكربون (Carbon Monoxide : CO) :

من أكثر ملوثات الهواء الجوى شيوعا وأكثرها خطورة وذلك عند تساوى تركيزات وفترات التعرض له ، لذا غالبا ما يؤخذ كمعيار لقياس خطورة باقي الملوثات الرئيسية .

وأول أكسيد الكربون غاز عديم اللون والطعم والرائحة وكثافته أخف من الهواء (٦,٩٦٥) وينوب بقلة في الماء ويشتهل (ولكنه لا يساعد على الاشتعال) بلهب أزرق ويمكن للإنسان تحمل وجوده بتركيز يصل إلى ٥٦٠٠ ميكروجرام/م^٣ هواء ولأخذه كمعيار لباقي الملوثات يعطى معامل تأثيره القيمة : ١ وينسب لها باقي تركيز الغازات فعلى سبيل المثال عندما توجد الأكاسيد النيتروجينية بتركيز قدر ٢٥٠ ميكروجرام /م^٣ فلن :

$$\text{معامل تأثيرها} = \text{تركيزه في الجو المحيط} / \text{مستوى الاحتمال (ميكروجرام/م}^3\text{)}$$

$$= \frac{٥٦٠٠}{٢٢,٤} = ٢٥٠$$

بمعنى أن وجود الأكاسيد النيتروجينية بالهواء بتركيز ٢٥٠ ميكروجرام /م^٣ يعنى أن معامل تأثيرها أو خطورتها يبلغ ٢٢ ضعف تأثير أول أكسيد

الكربون ،جدول رقم (١-٣) وعليه لا يعتبر أي ملوث ضار طالما لم تتعدى درجة خطورته (تأثيره) قيمة الواحد الصحيح.

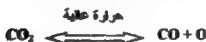
جدول رقم(١-٣) : معامل التأثير (الخطورة) للملوثات الرئيسية

الملوث	مستوى الاحتمال (ميكروجرام/م ^٣)	معامل التأثير	قيمة المطروح بطن/سنة	الوزن المؤثر (الوزن معامل التأثير)
أول أكسيد الكربون	٥٦٠٠	١,٠	١٤٧,٢	١٤٧,٢
أكاسيد الكبريت	٣٦٥	١٥,٣	٣٣,٩	٥١٠,٧
أكاسيد النيتروجين	٢٥٠	٢٢,٤	٢٢,٧	٥٠٨,٥
هيدروكربونات	٤٥	١٢٥,٠	٣٤,٧	٤٣٣٣,٥
رفائق (جسيمات)	٢٦٠	٢١,٥	٢٥,٤	٥٤٦,١

ينتج أول أكسيد الكربون من العمليات التالية :

أ- الاحتراق الغير كامل للوقود العضوي سواء أكان منزلياً أو ديزل أو غاز طبيعي أو فحم ، كذلك الاحتراق الغير كامل للكربون ومركباته .

ب- تفكك نواتج الاحتراق (Dissociation) لعناصرها تحت تأثير درجات الحرارة العالية ، كتفكك ثاني أكسيد الكربون في وجود درجات الحرارة المرتفعة إلى أكسيد الكربون :



ج- أكسدة الكربون في وجود الأكسجين الجوي وهنا يختلف ناتج التفاعل تبعاً لنسبة الأكسجين الجوي الداخلة في التفاعل :



حيث يتم التفاعل الأول أسرع عشرة مرات عن التفاعل الثاني وعليه يعتبر أول أكسيد الكربون هو المركب الوسطي لكل تفاعلات الاحتراق حتى مع كفاية كمية الأكسجين بالوسط.

د- تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع الكربون في درجات الحرارة العالية يعطى أول أكسيد الكربون كما ينتج من اختزال ثاني أكسيد الكربون سواء في درجة الحرارة العالية أو عوامل أخرى .

هـ - يوجد أول أكسيد الكربون مع ثاني أكسيد الكربون الناتج منه في حالة توازن في درجات الحرارة العالية :

وعند التبريد الفجائي تصبح السيادة لأول أكسيد الكربون نتيجة احتياجه لمدة طويلة لاعادة استقرار الاتزان من جديد في الحرارة المنخفضة في حين يتحول ثاني أكسيد الكربون في طبقات الجو العليا أكثر من ١٠٠ كيلومتر ارتفاع إلى أول أكسيد الكربون والأكسجين الذري لتعرضه للأشعة فوق البنفسجية وبداخل أول أكسيد الكربون في العديد من التفاعلات في الغلاف الجوي كتفاعله مع الأكسجين الجزئي خاصة في طبقات الجو المنخفضة :



كذلك يتفاعل مع الماء ويحتاج التفاعل لطاقة تنشيط تبلغ ٥٦ كيلو كالورى /مول :



كذلك يتفاعل أول أكسيد الكربون مع الأوزون ويعطى ثاني أكسيد الكربون والأكسجين ويحتاج هذا التفاعل إلى ٢٠ كيلو كالورى /مول :



ويتفاعل مع فوق أكسيد الأيدروجين وينتج ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النتروجين ولهذا التفاعل أهميته فيؤدي إلى تكوين ما يقرب من 10^{-10} - 10^{-8} جزء في المليون من ثاني أكسيد الكربون المنتشر في الجو :



أما تفاعله مع ثاني أكسيد النتروجين فيعطي ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النتروجين ويحتاج هذا التفاعل إلى ٢٨ كيلو كالورى/مول :



ويجب الأخذ في الاعتبار بأن تركيزه في الهواء الجوى لا يعتمد فقط على معدل إنتاجه ولكن أيضا على معدل إزالته والتي تحدث فقط في التربة حيث يتأكسد إلى ثاني أكسيد الكربون . فتركيزه يكاد يكون ثابت رغم ما يطرح منه سنويا من كميات هائلة من المصادر الطبيعية والصناعية حيث يتجدد تركيزه بعمليتين :

أ- امتصاص كميات كبيرة منه بالتربة بفعل العمليات البيولوجية حيث تمتصه أنواع عديدة من فطريات التربة .

ب- تحوله إلى ثاني أكسيد الكربون بفعل أشعة الشمس وتزيل هذه العملية نسبة لا تتعدى ٠,١ % / ساعة شمس .

وتكمن خطورته البيولوجية (السمية) لإتحاده مع هيموجلوبين الدم (Blood hemoglobin : Hb) الحامل أصلا للأكسجين أي في صورة أكسي هيموجلوبين (Oxy Hemoglobin : O₂Hb) مكونا كربوكسي هيموجلوبين (Carboxy Hemoglobin : CO Hb) نتيجة اتحاد الهيموجلوبين مع ثاني أكسيد الكربون وهنا لا يتمكن الأكسجين الجوى من الاتحاد مع الهيموجلوبين فيمنع بالتالى تأكسد الدم فتتخفص قدرته على التبادل الغازي (التنفس) : (Gas Exchange)

للهموجلوبين أثناء عملية التبادل الغازي خاصة وان ميل الهيموجلوبين للاتحاد مع أول أكسيد الكربون تعادل ٢١٠ ضعف ميله للاتحاد مع الأكسجين حيث يتم حساب نسبة جزئيات الهيموجلوبين الحاملة له ويمكن حساب احتياجات الإنسان عند تركيز الاتزان للكريوكسي هيموجلوبين بالدم خلال التعرض المستمر للهواء المحيط الملوث بتركيز أقل من ١٠٠ جزء في المليون ويمكن تقديرها من المعادلة :

$$\begin{aligned} & \text{نسبة الكريوكسي هيموجلوبين بالدم (CO Hb) =} \\ & 0.16 \times (\text{تركيز أول أكسيد الكربون بالهواء الجوي بالجزء في المليون} \\ & + 0.05) (\text{النسبة الطبيعية له والممتدة مع هيموجلوبين بالدم}) \end{aligned}$$

أي أن تركيزه بالدم يرتبط مباشرة بكمية أول أكسيد الكربون بالهواء.

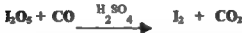
كذلك يتحد أول أكسيد الكربون مع ذرات الحديد اللازمة لعمل كثير من الإنزيمات المعاونة كـ إنزيم (Co-enzymes) الداخلة في عملية التنفس فتتبطها .

والحد المسموح بتواجده في الهواء (Max. Allowable Concentration MAC_{wz}) هو ٩ جزء في المليون بينما الحد المسموح بتواجده للتعرض مرة واحدة (Single Exposure) / سنة هو ٣٥ جزء في المليون / ساعة أو جزء في المليون / ٨ ساعة وعند بلوغ مستواه بالهواء الجوي إلى ٥٣ جزء في المليون يؤدي لمستويات من درجات التسمم :

التسمم الحاد بأول أكسيد الكربون (Acute Poisoning) :
يكون في صورة صداع : (Headache) وضعف في السمع والبصر وإرتخاء العضلات ثم يقع الفرد مغمى عليه قبل طلب النجدة مع سرعة ضربات القلب واضطراب في الجهاز العصبي لبلوغ مستوى الكريوكسي هيموجلوبين بالدم إلى ٥٠% وفي هذه الحالة يكون تركيز أول أكسيد الكربون في الهواء الجوي المستنشق حوالي ٣٠ جزء في المليون . كما أن امتصاص أنسجة الجسم للغاز بدلا من الأكسجين يؤدي لحرمان الكائن الحي

من حوالي ٢٠% من الأكسجين اللازم فتظهر حالات الدوار والصداع والإغماء كما أن استمرار التعرض له يؤدي لتلف الخلايا العصبية بالمخ مما يصاحبه اضطرابات نفسية وحركية وانخفاض ذهني وتصل في النهاية لمرحلة الشلل الرعاش .

ويتم تقدير غاز أول أكسيد الكربون بالهواء الجوي بعد إنقاطه بمصيدة حيث يمر الهواء الجوي على محلول ملح الفضة القلوي المخروط مع يارا- سلفا أمينوبنزويك (P-sulfamino Benzoic) فيعطي محلول غروي بني تقاس درجة شدته الضوئية على طول موجي ٤٠٠ نانوميتر . وتقدر منظمة الصحة العالمية (WHO) ومنظمة الأغذية والزراعة (FAO) بالأشعة تحت حمراء الغير مشتقة (Non Dispersive Infra Red) حيث أن وجوده في محلول خامس أكسيد اليود وحمض الكبريتيك يؤدي لاختزال الأكسيد وانفرد اليود :



والجدول التالي رقم (٣-٢) يبين نسب أول أكسيد الكربون وبعض الملوثات الأخرى للهواء الجوي من مصادر التلوث المختلفة ومنه يتضح أن تركيز أول أكسيد الكربون (ثلثي الكمية) ونصف كمية الهيدروكربونات وأكاسيد النيتروز يرجع مصدرها لعوادم الآلات ووسائل النقل خاصة التي تستخدم البنزين كوقود وذلك بجانب مركبات الرصاص في صورة رابع إيثيل أو ميثيل الرصاص المضافة أثناء التكرير لتحسين صفات الاحتراق لرفع رقم الأوكتان كذلك يتفاوت تركيز أول أكسيد الكربون تبعاً لنوعية المحرك:

- بنزين
- أو ديزل

فمحركات الديزل أقل إنتاجاً وتلوثاً للهواء الجوي عن محركات البنزين بها نسبة مرتفعة من أكاسيد الكبريت ولكن عندما تكون حمولة محرك الديزل كاملة ومكتسب لسرعته المنتظمة نقل نسبة تركيز هذه الأكاسيد لذا فمحركات الديزل أقل خطراً من حيث التلوث البيئي عن مثيلاتها والمماثلة لها في القوة من محركات البنزين :

جدول رقم (٣-١): تفاوت نسب ملوثات الهواء المئوية تبعاً لنوعية المحرك

بيان	نوع المحرك	
	بنزين	ديزل
أول أكسيد الكربون	٠,٨٠	٠,١٢
أكاسيد النتروجين	٠,٢٥	٠,٠٨
أكاسيد الكبريت	٠,٠١٦	٠,٠٣٦
الرصاص	٠,٠١	-
الهيدروكربونات	٠,٣٩	٠,٢٤
الدهيدات	٠,٠١	٠,٠٣
% الكلية	٩٧,١	٢,٩

يلاحظ أيضاً تفاوت نسب باقي الملوثات للهواء الجوي الناجمة عن محركي البنزين والديزل تبعاً لسرعة المحرك (عدد اللفات / دقيقة) وانتظام هذه السرعة خاصة أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات حيث تزداد نسبة تركيز أول أكسيد الكربون عند انخفاض سرعة المحرك كما تزداد معها في نفس الوقت أكاسيد النتروجين والرصاص خاصة مع ارتفاع درجة حرارة المحرك .

تزداد خطورة التلوث الناجم عن محركات البنزين عندما يكون المحرك غير مضبوط من حيث نسبة خلط الوقود (البنزين) إلى الهواء في الكربوراتير عن النسبة المفروضة ١ : ١٤,٥ على الترتيب و التي ينتج عنها احتراق كامل و تكون نتيجة الاحتراق ثاني أكسيد الكربون و الماء . في حين ترتفع نسبة أول وثاني أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والنتروجين والبرافينات والألدهيدات و البولييمرات والرصاص والجسيمات كالهباب : سناج (Soot) ويصعد مع الهواء الساخن وتتداخل مع سلسلة التفاعلات الضوء كيميائية وتنتج مركبات ثانوية أشد خطورة بفعل الأشعة فوق البنفسجية .

فعندما تكون نسبة البنزين للهواء ١ : ١٤,٥ : يحدث احتراق كامل وينتج ثاني أكسيد الكربون وماء وأكسيد نيتروجين (NO) وأكاسيد كبريتية (SO₂ , SO) وهي العيب الوحيد في هذه الحلة .

وعندما تكون نسبة البنزين للهواء < ١ : ١٤,٥ : يحدث احتراق غير كامل وينتج ثاني أكسيد الكربون وماء وأكسيد نيتروجين (NO) وأول أكسيد الكربون .

وعندما تكون نسبة البنزين للهواء > ١ : ١٤,٥ : يحدث احتراق غير كامل وينتج ثاني أكسيد الكربون وماء وأكسيد نيتروجين (NO) وأول أكسيد الكبريت و الأكسجين .

ويمكن تقسيم أو تمييز غازات العادم السابقة لثلاث درجات من حيث درجة ذوبانها :

أ-غازات بطيئة الذوبان : يظهر تأثيرها بعد عدة ساعات من التعرض في صورة ارتشاح رئوي حاد يسبب الاختناق فيزرق الجلد . ومن أمثلة هذه الغازات فوق أكسيد النتروجين والفوسفين .

ب-غازات متوسطة الذوبان : يظهر تأثيرها على المسالك التنفسية مسببة اختناق حاد قد يؤدي لارتشاح رئوي . ومن أمثلتها غاز ثاني أكسيد الكبريت و الكلور .

ج-غازات سريعة الذوبان : يظهر تأثيرها على المسالك التنفسية العليا والقصبة الهوائية مثل غاز الأمونيا .

وللمسيطرة على الملوثات الناتجة مع عوادم السيارات كمصدر رئيسي (Main source of Anthropogenic) خاصة المستخدمة للجازولين كوقود والتي تحوي على غازات هيدروكربونية وأول أكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين وتزداد تركيزها عند السرعات المنخفضة الأقل من ٤٠ كم /س حيث يبلغ

تركيز أول أكسيد الكربون ٣٠,٠٠٠ جزء في المليون والأكاسيد النتروجينية ٨٥٠ جزء في المليون والهيدروكربونات ١٤٠٠ جزء في المليون .

وهنا يتم إجراء تعديلات بالموتور لمنع تسرب الوقود ورجوع أبخرته مرة أخرى للحرق وتصفية العادم والتي تحول أول أكسيد الكربون لثاني أكسيد الكربون (Exhaust system reactors) وضبط وصيانة الموتور للمحافظة على النسبة ١ : ١٤,٥ والسيطرة على إعادة غازات الكرنك (Crank gas) للكرور اثير لتحرق أو تكثف أبخرتها وتجمع بالخزان .

كما أن ضبط نسبة البنزين تقلل نسبة المنبعث من الهيدروكربونات وأول أكسيد الكربون وتزيد الأكاسيد النتروجينية لزيادة معدل أداء الموتور فيتحصد النتروجين مع الأكسجين في الحرارة العالية أو عند تصميم الموتور بحيث يقل ضغط الحرق فيه كما تقل نسبة الهيدروكربونات والأكاسيد النتروجينية ومعالجة العادم بإضافة وحدة معالجة تعتمد على أكسدة الغازات الملوثة باستخدام عامل مساعد أو من خلال معاملات حرارية (فرن بمحرقة لحرقة مرة أخرى أو امرار العادم على حشوة معدنية كالألومنيوم المصنوي على البلاتين حيث تتأكسد الهيدروكربونات وأول أكسيد الكربون في ظروف حرارية متوسطة (٥٠٠° م) فتتخفف الأكاسيد النتروجينية لاحتراقها أول بأول ثم أكسدة الهيدروكربونات وأول أكسيد الكربون .

وقد تعاد نسبة تبليغ ٢٥% من غازات الاحتراق (Manifold) مما يؤدي لحفظ حرارة الموتور لكنها تؤثر على سرعة خلط الوقود فتقلل من الأكاسيد النتروجينية فقط .

أما بالنسبة لخزان المصانع فيمكن التغلب على مشاكلها بزيادة نسبة الهواء الجوي بالغازات المنبعثة بها قبل نهاية المدخنة خاصة إذا ما تم ذلك بمدخن عالية وسرعة كبيرة .

٢٠- ثاني أكسيد الكربون Carbon Dioxide : CO₂

ينتج ثاني أكسيد الكربون من احتراق المواد العضوية والفحم في الصناعة حيث يتفاعل بخار الماء مع المواد الهيدروكربونية العضوية أو ينتج من تنفس الكائنات الحية أو من تحللها عقب موتها كذلك من تخمر المواد السكرية طبيعياً أو كيميائياً أو من عوادم السيارات حيث تختلف كميته ونسبته تبعاً لمسة المحرك (عدد للسندرات) ، جدول رقم (٣-٢) .

جدول رقم (٣-٢) : تفاوت نسبة ثاني أكسيد الكربون الناتج من عادم السيارات من حيث سعتها اللترية :

سعة السندرات اللترية (CC)	ثاني أكسيد الكربون	أكسيد النتروجين	الهيدرو كربونات
سعة لترية أقل من ١٤٠٠ ملل بنزين	٤٥	٦,٠	١٦,٠
سعة لترية أكبر من ١٤٠٠ وحتى ٢٠٠٠ ملل بنزين	٣٠	-	٨,٠
سعة لترية أكبر من ٢٠٠٠ ملل بنزين	٢٥	٣,٥	٦,٢

وهو مركب مهم في دورة الكربون الأرضية والتي يتم فيها تبادل الكربون بين اليابسة والمحيطات والهواء الجوي ، فحوالي ٤٥٠ مليار طن (٤٥٠ جيجا طن) منه مخزن بالنباتات وحوالي ٧٥٠ مخزن بالهواء و ٥٨٠ بالمحيطات بالطبقة السفلية تبلغ ٣٠,٠٠٠ جيجا طن بالمحيطات (بالطبقة السفلى والعمق) حيث يتم كل سنة تبادل ٥٠٠ طن جيجا من الكربون بين الهواء واليابسة وزيادة الأنشطة البشرية خاصة مع زيادة استهلاك الوقود يؤدي لإنبعاث ٦ جيجا طن / سنة للهواء الجوي حيث ارتفع تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو من ٢٨٠ إلى ٣٥٠ جزء في المليون عام ١٩٨٩ ويلاحظ أن قطع الغابات واستخدامها كوقود يزيد من نسبة ثنائي أكسيد

الكربون علاوة على ما كانت تمتصه الأشجار من ثاني أكسيد الكربون قبل قطعها أي الضرر يكون مضاعفا .

ويعتقد أن الزيادة في درجة الحرارة الكونية تؤدي لانتقال كميات زائدة من الميثان المحجوز حاليا في القطب الشمالي مما يزيد وجوده فسي الهواء الجوي كإحدى الغازات المسببة لما يعرف بالصوبية أو ارتفاع الحرارة الرهيب (Green House) لذا يبحث العلماء الآن إيجاد أنواع من الوقود تنتج كميات أقل من غاز ثاني أكسيد الكربون والحد من استخدام الكربونات الكلورفلورونية وزيادة استعمال الطاقة الذرية والشمسية والمتجددة ومكافحة قطع الغابات واستخدام أساليب الزراعة لتقليل غاز الميثان وأكسيد النيتروز وزيادة مساحة الغابات التي تمتص ثاني أكسيد الكربون وتبث الأكسجين اللازم لتنفس الكائنات الحية خاصة البشر وتلطيفها لدرجة الحرارة بالظل وزيادة درجة الرطوبة النسبية الناتجة عن عملية النتح .

ولوحظت زيادة مستوى ثاني أكسيد الكربون بالجو بنسبة ١٥% عن القرن الماضي مما أثر بطريق مباشر على ارتفاع الحرارة بالكرة الأرضية فهو مرشح في اتجاه واحد فتتبعثر الأشعة المحتوية على معظم الأطوال الموجية للطاقة الشمسية المسنولة عن تنفئة البحار والمحيطات والأنهار والأرض وفي نفس الوقت تمتص الطاقة المنعكسة مرة أخرى أي أن درجة الحرارة بالجو هي محصلة التوازن بين درجة حرارة الغلاف الجوي والتربة والمسطحات المائية مع الأخذ في الاعتبار الحرارة الناتجة من السراكين وتحول ثاني أكسيد الكربون إلى كربونات صوديوم أو بوتاسيوم أو ماغنسيوم .

ويتم التبادل الغازي بين الغلاف الجوي والمسطحات المائية حتى عمق ٨٠م فقط عندما تصل النسبة بين تركيزه في الغلاف الجوي والمسطحات المائية ٦:١ ولهذا تستوعب المسطحات المائية كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون تبلغ ستون ضعف ما يحتويه الغلاف الجوي وهنا تتحول إلى كربونات وبيكربونات أيونية.

والحد المسموح بتواجده في الهواء الجوي هو ٣١٥ جزء في المليون ويؤدي ارتفاع تركيزه عن ذلك وتراكمه بالهواء الجوي إلى :

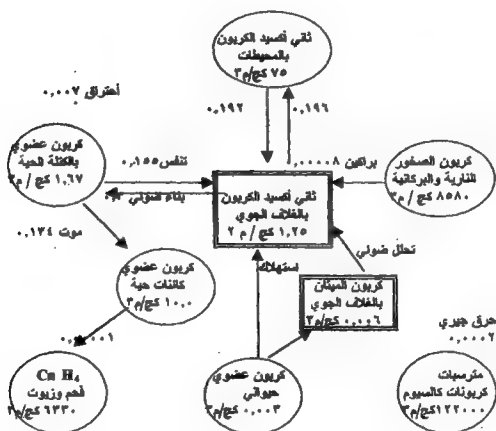
أ-ارتفاع درجة حرارة الجو المحيط بالكرة الأرضية كما سبق تعريفه بظاهرة الصوبة لمقدرته العالية على امتصاص كمية كبيرة من الأشعة تحت حمراء تدريجيا فترتفع درجة حرارة الغلاف الجوي تدريجيا وتكون النتيجة الغير مباشرة لذلك ذوبان الجليد بالمناطق القطبية والذي يعادل ٢ مليون كيلو متر ٣ ماء وهو ما يؤدي لزيادة ارتفاع منسوب مياه البحار والمحيطات من ٥ - ٧ متر فتؤدي بدورها لفيضانات وارتفاع منسوب المياه الجوفية وزيادة درجة ملوحتها وغرق لكثير من المدن الساحلية لتأكل الشواطئ وهو ما يقود في النهاية الى خلل بيئي فارتفاع مستوى ماء البحر الأبيض المتوسط لنصف متر فقط يؤدي لهجرة ١٦ % من سكان مصر.

لقد لوحظ ارتفاع متوسط معدل درجة الحرارة منذ عام ١٨٨٠ وحتى ١٩٤٠ بحوالي ٠,٦ درجة مئوية ثم لوحظ انخفاضها قليلا ٠,٢ م حتى عام ١٩٦٠ ويرجع ذلك الانخفاض في درجة الحرارة إلى زيادة محتوى الغلاف الجوي من الجسيمات والتي تعكس ضوء الشمس فتتخفف الحرارة . ولهذا يخشى العلماء ارتفاع أو زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الزيادة في استهلاك الطاقة الناجمة عن زيادة الحرق من خمسة بليون طن /سنة لي ١٣ بليون /سنة عام ٢٠٠٠ مما يؤدي لزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون فمن المتوقع بلوغه في نفس العام إلى ٦٠٠ جزء في المليون فوق القطب الجنوبي .

ب - تكوين المطر الحمضي (Acid rain) فزيادة ثاني أكسيد الكربون بالهواء الجوي خاصة بالمناطق الصناعية واتحاده مع الهواء الجوي يؤدي لتكوين رذاذ كربوني حامضي :



وعندما تتقابل مع سحابة هواء ساخن صاعدة من الأرض يتكثف عليها ويهطل في صورة مطر حامضي له تأثيره السيئ والمدمر على المزروعات الخضراء (Vegetation) كذلك تأثيره المخرب على الأبنية والآثار والمنشآت المعدنية والكباري كما أن له تأثير ضار على الأغشية المخاطية للأنف والقصبة الهوائية فيصعب التنفس أما عند بلوغه ٨٠,٠٠٠ جزء في المليون يؤدي للموت .



شكل رقم (٣-١) : الدورة البيوكيميائية للكربون في الطبيعة

ج - كنتيجة لتأثيره المبيد المباشر على المزروعات الخضراء يقل حجم المساحات الخضراء التي في نفس الوقت هي نفسها المستهلكة لكمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون أثناء عمليات النتج والتي ينتج عنها الأكسجين .

ويلاحظ زيادة :

أ- غاز المستنقعات (المسطحات المائية المقفلة) .

ب- الأكاسيد النيتروجينية والفلزيون:غازات الصوبة الخضراء (Green house Gases) وتكوينها لسحابة فوق الكرة الأرضية في طبقة البيوسفير تسمح بنفاذ الأشعة ذات الطول الموجي القصير من الشمس (الأشعة فوق بنفسجية) ولا تسمح بنفاذ الأشعة الحرارية : الأشعة تحت الحمراء (Infrared Radiation) ذات الطول الموجي الكبير والمنعكسة من الأرض لأعلى (مرشح في اتجاه واحد) تظل حبيسة قرب سطح الأرض مما يؤدي لارتفاع ملحوظ في درجة الحرارة لذا يتوقع العلماء ارتفاع ملحوظ في درجة الحرارة (خمس درجات) في بداية القرن العشرين عند القطبين عن خط الاستواء والذي يرتفع درجتان فقط .

ج- زيادة ثاني أكسيد الكربون عند القطبين فيبلغ ٣٥٠ جزء في المليون مما يؤدي لسعال وصداع وسرعة النبض وضغط دموي عالي .

د- ارتفاع منسوب مياه البحار والمحيطات لذوبان الجليد بالقطبين وقمم الجبال الشاهقة فتؤدي لاختفاء كثير من المدن الساحلية لتأكل الشواطئ وغمرها تحت سطح الماء .

هـ- زيادة ملوحة مياه الأنهار العذبة لزيادة ظاهرة المد لارتفاع مستوى الرطوبة الأرضية نتيجة ارتفاع منسوب مستوى مياه البحار .

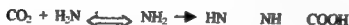
و- ارتفاع الرطوبة النسبية مما يؤدي لخلل في التوازن البيئي والتي تؤدي لزيادة الضغط فوق القشرة الضعيفة للكرو الأرضية مما يؤدي لسلازل وبراكين .

ز- ارتفاع طبقات الهواء الساخن (لارتفاع الحرارة) المشبعة ببخار الماء لأعلى ويمصافتها لتيار هوائي بارد تتكثف وتسقط مطر وإذا ما سقط بمناطق صحراوية جافة ارتفعت درجة الحرارة بها أكثر فيصعد الهواء الساخن لأعلى حيث لا توجد طبقات مشبعة ببخار الماء لتسقط وهنا يزداد جفاف الجو ويزداد التصحر .

يُقاس تلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون من خلال :

أ- امرار تيار الهواء الجوي بعد تجفيفه خلال محلول كلوريد ماغنسيوم أو بوتاسيوم ثم تحسب الزيادة في وزنها بعد فترة فتعادل وزن ثاني أكسيد الكربون .

ب- يتفاعل مع الهيدرازين فينتكون حمض كربونيك مونسو هيدرازين (Carbonic mono hydrazine) :



ج- أو باستخدام كاشفات (Detectors) أو أجهزة التحليل الذاتي (Auto Analyzers) حيث يُقاس التلوث على درجة حرارة ٣٢ °ف إلى ١٠٤ °ف (٤٠ °م) وعلى مستوى رطوبة نسبية ٢٠ - ٩٠ % وعند تغيير هذه الظروف يتم عمل تصحيح باستخدام جداول التصحيح ، أما في حالة تغاير الضغط فيتم تعديله من المعادلة :

القيمة المصححة = (القراءة × ٧٦٠) ÷ الضغط عند القياس (مم ز)

١- الهيدروكربونات ومشتقات التفاعلات الضوئية

تتبع الهيدروكربونات في صورة غازات وموائيل ومواد صلبة تحت ظروف البيئة العادية حيث الجزئيات المحتوية على أربعة ذرات كربون أو أقل في صورة غازات أما المحتوية على أكثر من خمس ذرات كربون فتكون بصورة سوائيل أو مواد صلبة ومعظم جزئيات الهيدروكربونات الملوثة للهواء تكون في حدود اثني عشرة ذرة كربون أو أقل .

وتدخل معظم الهيدروكربونات الهواء الجوي من مصادرها الطبيعية فالميثان أبسط هيدروكربون وتتوزع بدرجة كبيرة على سطح الكرة الأرضية وينتج معظمها من خلال عمليات هدم بالبكتريا للمادة العضوية خاصة في المستنقعات والأراضي السبخة (Swamps & Marshes) أما النباتات فتنبعث منها أكثر الهيدروكربونات تعقيدا : فالترينينات والهيمى ترينينات إنتاجها يمثل نصف المنتج حيث الأنشطة البشرية ينتج عنها ١٥% من الكمية الكلية السنوية المنفردة من الهيدروكربونات للغلاف الجوي ومعظم الكمية المتحولة من الهيدروكربونات تكون بالمناطق الحضرية .

والتأثيرات السامة للهيدروكربونات في الغلاف الجوي ترجع لمشتقاتها الناتجة من الأكسدة الضوء كيميائية كما هو موضح بالشكل التالي ، شكل رقم (٢-٣) .

وغالبا ما يشار إلى المشتقات السامة كملوثات ثانوية ، فوجود الهيدروكربونات مع الأوزون لتكوين شقوق هيدروكربونية حرة نشط جدا لاحتوائها على إلكترونين غير مشتركين في تكوين روابط فتتفاعل مع بعضها في الهواء مع الملوثات للحبوية ومكونات الهواء الأخرى معطوبة الطبخن الضوء كيميائي (Photochemical Smog) .

الهيدروكربونات الغير مشبعة دائما ما تكون أكثر نشاطا وتتم التفاعلات التالية مع الهيدروكربونات لتكوين شقوق حرة .

٤- الأكاسيد الكبريتية (SO_x) : (Sulfur Oxides)

يرجع التلوث بأكاسيد الكبريت (SO_x) الى ثاني أكسيد الكبريت وثالث أكسيد الكبريت : ويعد ثاني أكسيد الكبريت هو الأكسيد الشائع أو السائد ويثبت في الجو مخلوط مع كميات قليلة من ثالث أكسيد الكبريت حيث تبلغ نسبتهما ١:١٠٠ عند احتراق النفط ومشتقاته والقحم والزيوت خاصة مع زيادة نسبة الأكسجين بالجو المحيط وبإمكان تكرير البترول ومصانع الكيماويات الخاصة بإنتاج حمض الكبريتيك والأسمدة الداخلة في تركيبها الكبريت أو الكبريتات وإمكان دباغة الجلود حيث تبلغ ما تبيته المصادر الصناعية سنوياً ما يقرب من ١٤٦ مليون طن . كما يثبت طبيعياً نتيجة تحلل وأكسدة المواد العضوية النباتية أو الحيوانية الخاصة بالمسطحات المائية المغلقة الراكدة وأهم مصدر طبيعي لبثته هو حجم البراكين (٨٠%) والذي يتحول لكبريتيد هيدروجين (Dihydrogen Sulfide: H₂S) والذي ربما يتأكسد مرة أخرى الى ثاني أكسيد الكبريت في حين يمثل المنطلق منه نتيجة الأنشطة البشرية (Human Activities) ٢٠% .

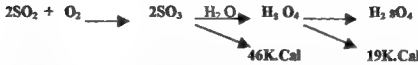
غاز ثاني أكسيد الكبريت عديم اللون ذو رائحة نفاذة مهيجة للإنسجة الحساسة بالعين والأنف و الفم وغير قابل للاشتعال . الحد المسموح بتواجده في الهواء (MAC_{w2}) وهو ٠.٠٣ جزء في المليون أي ما يعادل ٨٠ ميكروجرام / م^٣ في حين يعد الحد المسموح بتواجده للتعرض ليوم واحد / سنة هو ٠.١٤ جزء في المليون عند التعرض لمدة ٣ ساعات / عام وهو ما يعادل ١٣٠٠ ميكروجرام / م^٣ ويؤدي ارتفاع تركيزه في الهواء الجوي إلى ٥ جزء في المليون إلى تهيج الجهاز التنفسي وحينما يصل تركيزه ١٠-٥ جزء في المليون يؤدي إلى تشنج عصبي .

تزداد خطورته أثناء سكون الرياح فيمنع صعود الهواء الساخن للطبقات العليا من الجو أو الهواء البارد بالقرب من سطح الأرض مما يؤدي بدورة لحبس جزيئات الغاز السامة بالغلاف الجوي المحيط بالكرة الأرضية فيزداد بذلك تركيزه .

ويتكون ثاني أكسيد الكبريت من أكسدة الكبريت بالأكسجين الجوي :



وخطورة غاز ثاني أكسيد الكبريت أقل من أكاسيد الكبريت الأخرى الملوثة الثانوية . فأكسدة ثاني أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت في وجود بعض الفلزات كعوامل مساعدة تعمل على زيادة درجة ذوبانه في الماء (الرطوبة) ويتحول لحمض كبريتوز ثم إلى حمض كبريتيك (Sulfuric Acid : H_2SO_4) ثم يتكثف في صورة رزاز (مطر) حامضي :



وتتضح خطورته الشديدة عند اختلاط أكاسيد الكبريت مع دخان المصانع خاصة في الجو الساكن فيخلق ما يعرف بالطبخن الكبريتي : الضباب الدخلي الكبريتي (Sulfuric Smog) وله سمية عالية وهو ما حدث في مدينة نيوزمالي ببلجيكا حيث أدى لقتل ٦٠ شخص وأصيب ألف آخرون بأمراض مختلفة كذلك ما حدث في مدينة دورونا الصناعية حيث أدى لقتل ١١٧ واصابة ٤٢٠ آخرون بأمراض تنفسية خطيرة خلال ثلاثة أيام من التعرض .

قد يتحول ثاني أكسيد الكبريت في الجو الرطب إلى كبريتات الأمونيوم أو حمض الكبريتيك يدمص (Adsorption) على أسطح الجسيمات الناتجة من حرق الوقود وتظل عالقة بالجو حتى تجد طريقها للجهاز التنفسي مسببة أضرار بالغة .

وخطورة الغاز تتضح عند التعرض لتركيزات عالية منه ولفترات طويلة فاستنشاق مع الهواء الجوي يؤدي لأضرار بالرئتين خاصة إذا ما استنشق عن طريق الفم حيث يتحول لمصورة حمض كما سبق أي حمض الكبريتوز فحمض الكبريتيك حيث يؤدي لتقرحات جلدية ، تآكل الغشاء المخاطي المبطن

لمجرى الأنف والحنجرة والعين بجانب كون الغاز مهيج لأنسجة الأنف والأنف والفم وأنسجة الرئتين فتحتقن مثله مثل الأكاسيد النتروجينية والكلور و الأمونيا والأوزون وبوصوله للخلايا الطلائية للقصبات الهوائية يؤثر عليها ويحدث ضيق في التنفس لصعوبة تبادل الغازات بين الدم والرئة مما يحدث سعال متصل كما يؤدي لتتبيه إفرازي للخلايا الكاسية المبطننة للقصبات الهوائية فتتعطل عمل الشعيرات الهدية بالخلايا المبطننة للمجاري التنفسية كما يحدث تهيج بالغدد الدمعية فتدفع العين وعند وصول تركيزه بالهواء الى ٥٠-١٠٠ جزء في المليون يؤدي للموت خلال عشرة دقائق لتأكل الشعيرات الدموية التنفسية كما أن زيادته في مياه الشرب يجعل شاربها عرضة للزلات الشعبية (أو الأغذية الملوثة به أو الغنية به كالثوم والفجل والبصل واللفت فيصل الدم للرئتين) .

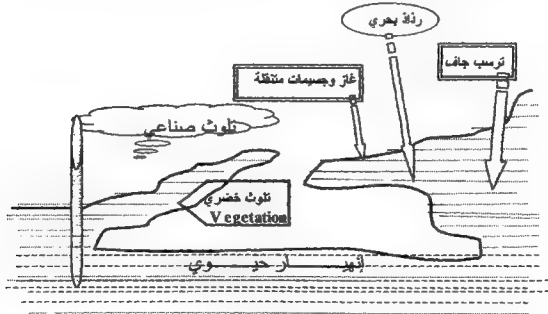
يدخل الكبريت في تركيب كثير من البروتينات كالميثيونين والسيستين والسيستئين وفيتامين ب١ والبيوتين وحمض الليبويك والأسمولين والهيبارين والفوثوجين والجلوثانيون والمرافق الأنزيمي (أ) والكيراتين والكسيرزوتين كما يدخل في تنشيط بعض الأنزيمات في صورة مجموعة سلفهيدريل (Sulfhydryl group : SH) كما يحتوي الجسم على ١٤٠ جم كبريت عضوي أو في صورة كبريتات صوديوم أو ماغنسيوم أو بوتاسيوم .

ولخفض نسبة أكاسيد الكبريت الملوثة للجو يفضل استخدام الوقود الناتج بعد التقطير للبترول حيث يحتوي على نسبة ٠,٠٤ - ٠,٣٥ % ولكن أسعاره ستكون باهظة أما بالنسبة لنسبة تواجده في الفحم فلا يمكن خفضها عن النسبة الطبيعية ٧% حيث تؤدي خفضها لخفض الطاقة الحرارية الناتجة عن احتراقه كذلك يجب تقليل استخدام الوقود المحتوي على الكبريت من خلال محطات توليد الطاقة المائية والنووية .

يجب ملاحظة انه عند محاولة نزع الكبريت من وقود لعضوي مثل الكبريتيدات أو الكبريتات فإنها تتحول لرماد أما عند محاولة نزع الكبريت من وقود عضوي كالكبريتيدات فإنه يتحول لثاني أكسيد الكبريت .

ويمكن نزع الكبريت من الكبريتيدات بطحنها ثم غسلها _ (كما يحدث بالفحم) فتزال نصف الكمية تقريبا أو بتحويله لغاز (Gasified) فتتبع أكاسيد كبريت يتم اصطيادها بتفاعلات كيميائية مناسبة ويلاحظ أن استخدام الوسائط المجددة كالكلورات والتي تتحد مع غاز ثاني أكسيد الكبريت ثم يسترجع منها بصورة ثاني أكسيد الكبريت سائل أو بشكل حمضي مثل أكسيد الماغنسيوم وكربونات الصوديوم والبوتاسيوم وثاني أكسيد المنجنيز وكبريت الصوديوم أو الجير والأكسجين وهنا ليتم استرجاعه ، أو أملاح الجير - الحجر الجيري والتي تضاف لامتصاصه أو تحويله الى ثالث أكسيد الكبريت ثم استرجاعه بشكل حمضي أو امتصاصه على كربون نشط في صورة ثاني أكسيد الكبريت ثم تحويله لحمض كبريتيك .

يؤدي تعرض الأنسجة النباتية الى ثاني أكسيد الكبريت لتلفها وظهور مساحات سوداء أو خضراء داكنة على الأوراق قبل سقوطها (مثل تأثير الأمطار الحامضية) كما يؤدي لضعف في عملية التمثيل الضوئي وكذلك الأزهار ويلاحظ أن شدة الضوء والحرارة والرطوبة تزيد من تأثيره الضار على النبات والشكل التالي رقم (٣-٣) يبين دورة الكبريت في الطبيعة .



شكل رقم (٣-٣) : دورة الكبريت في الطبيعة

يقاس مدى تلوث الهواء به من خلال إمرار الهواء وامتناس ما به من غاز ثاني أكسيد الكبريت على رابع كالوريد الصوديوم الزئبقي $\text{Na}_2(\text{Cl}_2\text{Hg})$ فيعطي $[\text{Na}_2(\text{SO}_3 \cdot 3\text{Hg})]$ ثم التفاعل مع الفورمالدهيد في وجود بار-أروزاتيلين (P-rosaniline) والذي تقاس كثافته الضوئية الناتجة على طول موجي ٥٦٠ نانومتر .

أو بإمرار الهواء الملوّث على محلول فوق أكسيد الهيدروجين ثم يعاير المحلول لتقدير كمية حمض الكبريتيك المتكونة بمحلول قياس قلوي أو يعاير بعد ترسيبه بشكل كبريتات باريوم أو كلوريد باريوم مع استخدام الأزوكيتون كدليل لوني أو بتفاعل ثاني أكسيد الكبريت الملوّث للهواء مع أسيتات الزنك والنيتروبروسيات الصوديوم ثم المعايرة بتقدير الكلور .

أما الكبريتات المترسبة بالأسطح فتقاس باستخلاصها وحمضها بـ حمض فوق الكلوريك أو النتريك ثم تجفف ويعد إذابته بمحلول قياس ٠,٠٣ ع حمض هيدروكلوريك ثم تقاس درجة العكارة (Turbidometric) أو يتم قياس ثالث أكسيد الكبريت باختزاله بالهيدروجين إلى كبريتيد هيدروجين إلى يمتص بموليدات الامونيوم معطيا لون أزرق يقاس طيفيا .

كما تستجيب أوراق نبات الصنوبر بشدة لوجود أوزون ملوث للهواء الجوي كذلك أكاسيد الكبريت والحديد في حين يستجيب نبات القرنفل لغاز الأيثيلين بشدة.

٥- كبريتيد الهيدروجين : H_2S Hydrogen Sulfide

ينتج حوالي ثلث كمية كبريتيد الهيدروجين نتيجة تخمر الفضلات البشرية والحيوانية وتحلل المواد العضوية والمحتوية في تركيبها على ذرة الكبريت (كالبروتينات) كذلك المصادر الطبيعية له كالبراكين والينابيع حيث تبث الأرض حوالي ٨ مليون طن / سنة بينما تبث المحيطات مليون طن ، كما يبث في الهواء من مداخل المصانع خاصة مصانع المطاط والورق والخشب .

ويبلغ تركيز كبريتيد الهيدروجين في الهواء ٠,٤٦ ميكروجرام / م^٣ لذا لا يمكن الاحساس به ، الحد المسموح بتواجده عالميا لتلوث الهواء الجوي هو ٠,٠٠٣-٠,٠٠٨ جزء في المليون .. الهواء الملوث يسبب تهيج في بطانة الغشاء المخاطي للمجاري التنفسية والعين فيصعب التنفس كما يؤدي لتثبيط بعض الأنزيمات وطول فترة التعرض يؤثر على المخ فتعكس في صورة خمول في التفكير وعدم القدرة على التركيز كما يتحد مع الهيموجلوبين مكونا ميثيموجلوبين لارتباط الكبريت بحلقة البيرول (Pyrole Ring) بجزيء الهيموجلوبين ويضعف قدرة الجزيء على حمل الأكسجين .

يؤثر الهواء الملوث به على الطلاء خاصة الأنواع المحتوية على الرصاص فيسود لونها تدريجيا لتكوين كبريتيد الرصاص :



يقاس مدى التلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين بالهواء للجوي بامراره على كبريتات نحاسيك فيتكون كبريتك نحاسيك:



أو بامراره على خلات نحاس ١,٢ % فيتكون راسب عند أس تركيز أيون هيدروجين (pH) يساوي ٥,٦ وتستخدم أشرطة مبللة بخلات النحاس حيث يسود لونها بتعريضها له أو بامراره على أيدز وكسيد كادميوم فترة ثم يضاف الى المحلول ٥سم^٣ حجم قدرة اسم^٣ مطحول ن ، ن -داى ميثيل - بارافينيلين داي أمين ثم ½ ملل من محلول ١% نترات حديدك ويترك ٣٠ دقيقة ثم يقاس اللون الأزرق للميثيلين على طول موجي ٦٧٠ نانوميتر .

أو بامرار الهواء الملوث على محلول موليبينات الأمونيوم ثم تقدير اللون الأزرق لونها.

٦- الأكاسيد النتروجينية (Nitrogen Oxide : Nox) تشمل الأكاسيد النتروجينية (NOx) الأكاسيد التالية :

٦-١- أكسيد النيتروز : Nitrous Oxide : N₂O
غاز سام غير قابل للاشتعال عديم اللون له طعم ورائحة مقبولة يبت منه سنويا حوالي ٥٩٢ مليون طن /سنة بالهواء الجوي وينتج من التحلل خاصة التحلل الميكروبي (Microbial decomposition) للمركبات النتروجينية خاصة في التربة .

و غالبية أكسيد النيتروز في الهواء الجوي يأتي من مصادر طبيعية وتمثل حوالي ٨٠ % من المحتوى بالهواء الجوى والتي تتمثل في تحلل المركبات النتروجينية بالتربة حيث يبت ما يقرب من ٥٩٢ مليون طن / سنة نتيجة نزع مجموعة النترات (NO₃) بواسطة البكتريا اللاهوائية أو نزع مجموعة الأمين من المركبات العضوية النتروجينية فتنج الأمونيا () وقد تنتج أيضا الأمونيا من اختزال ثاني أكسيد النترريك (NO₂) أو اختزال النترات (NO₃) أو أكسدة أكسيد النترز إلى ثاني أكسيد النيتروجين ثم اختزاله للأمونيا ويؤدي غاز الأمونيا (النشادر) لتهيج الأنسجة المخاطية للعين والحنجرة والجيوب الأنفية وتركيزاتها العالية تؤدي للعقم كما تؤثر على إنزيم الفوسفاتيز الحامضي بخلايا أنسجة الخصية . وتقدر الأمونيا بمعاملتها بحمض كبريتيك في وجود دليل في الوصول لنقطة التكافؤ .

٦-٢- ثاني أكسيد النيتروجين (Nitrogen Dioxide : NO₂) :

غاز خافق نفاذ غير قابل للاشتعال لونه بني ، سميته تبلغ أربعة أضعاف سمية أكسيد النيتريك للحيوانات ذوات الدم الحار ، يسبب تهيج أنسجة العين والأنف مع صعوبة في التنفس واضطراب رئوي مما يسهل بعد ذلك الإصابة بالأمراض الفيروسية . تصل نسبته في الهواء الجوي الى ٠.٠٣ جزء في المليون وتردد بالمناطق القريبة من الطرق السريعة ومحطات توليد الكهرباء فيصل الى ١.٠-٠.١ جزء في المليون و وجوده في

الهواء الجوي يؤدي لموت موضعي (تتكر : Necrosis) بأوراق النباتات (كالقطن) .

ويكون يتفاعل أول أكسيد النتريك (NO) مع الأكسجين :



أو يتحد الأكسجين الذري مع المركبات الهيدروكربونية الناتجة من احتراق الوقود وتعفن النباتات بالمستنقعات بدلا من تفاعله مع الأكسجين الجزيئي ويكون ويتكون فومالدهيد الدهيد عضوي وأوزون ومركب بيروأوكسي أستيل نترات (Peroxy acetyl nitrate : PAN) ويؤدي لإثارة وتدهج أنسجة الأنف والعين كما يؤدي لتلف المحاصيل الزراعية حيث تهاجم الأنسجة البرانشيمية الإسفنجية بالنبات فتتلف : (تتخر) الأوراق خاصة النباتات الحمضية العصارة حيث يؤدي تركيز ٢٥ جزء في المليون لتساقط الأوراق في طور النمو والأوراق مكتملة النمو تعتبر مقاومة :



وتفاعل غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO₂) مع الماء يؤدي لتكوين حمض نتريك وأكسيد نتريك أو حمض نيتروز تبعاً لتركيز ثاني أكسيد النيتروجين الداخل في التفاعل :



يقاس تركيزه في الهواء الملوث من خلال امرار تيار الهواء الملوث

على :

أ- محلول يوتاسمي قلوي فينتج نترات أو نيتريت البوتاسيوم الذي يعاير أو يقاس طبيعيا .

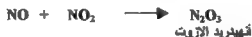
ب- تولويدين (O-toluidine) فيتحول الى نيتروزتولويدين تقاس كثافة اللونية .

ج- حمض سلفونيك وداى أمين أثيلين (تفاعل سالترمان Saltzman) فتعطي لون وردى يقاس على طول موجي ٥٥٠ نانوميتر .

٦-٣-أول أكسيد النيتريك (Nitric Oxide : N_2O_3 : NO) :

غاز سام غير قابل للاشتعال عديم اللون والرائحة لذا تزداد خطورته لعدم تحسسه وبوصوله للقناة التنفسية يذوب في رطوبة الأغشية المخاطية ويكون حمض النيتروز (HNO_2) والذي يتأكسد بدوره لحمض نترك يخرّب الأغشية المخاطية ابتداء من الأنف وحتى الرئة ثم يؤثر بعد ذلك على طبقة الخلايا تحت الغشاء المخاطي خاصة مع زيادة تركيزه وكذلك الشعيرات الدموية المنتشرة بها والمغذية لها والتي يحدث فيها تبادل الغازات مما يؤدي لحدوث تقرحات ونزيف حاد .

تبلغ نسبة وجوده في الهواء الجوي ٠,٠٢ جزء في المليون و لا يتفاعل في درجة الحرارة العادية إلا في وجود أثر للمياه ويتزن تكوينه وتواجهه في درجات الحرارة المنخفضة وتحوله كذلك الى ثاني أكسيد النتروجين و السذي يتم في وجود درجة الحرارة المنخفضة لأنه تفاعل طارد للحرارة :



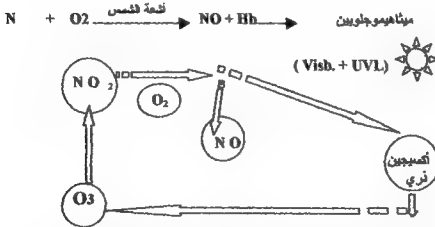
والأكسيد قليل الاتحلل في الماء . نسبة أكسيد النتريك (NO) الى ثاني أكسيد النتروجين (NO_2) تختلف تبعا لمصدر عمليات الاحتراق ولكن الكمية المتكونة من أكسيد النيتريك غالبا ما تكون أكثر من ثاني أكسيد النتريك .

وتتمثل مصادره الغير طبيعية في الأنشطة البشرية وأدخنة المصانع نتيجة حرق الوقود وعوادم السيارات والمحركات حيث يتحد الأكسجين مع النتروجين في وجود الحرارة العالية المتولدة نتيجة الاحتراق وتلي تضيف ما يقرب من ١٠٣ مليون طن / سنة .



وعند ارتفاع درجة حرارة المحرك أثناء الاحتراق تزيد من كمية الاكاسيد النتروجينية عموما ويقل أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات .

أما زيادة نسبته في الهواء المحيط بالمناطق الصناعية تؤدي لانتاج حمض النتريك علاوة على تداخل أكسيد النتريك مع عملية التخليق الضوئي. كما أن زيادة تركيزه في الهواء تؤدي الى امتصاص طاقة أشعة الشمس فيتحول الى أول أكسيد النتروجين الذي يتحد مع الهيموجلوبين مكونا ميثاهيموجلوبين (Methahaemoglobin) فتقل كمية الأكسجين المتبادلة بالدم فيزرق الجلد خاصة مع الأطفال ويسمى المرض بالطفل الأزرق (Blue baby) ، شكل رقم (٣-٤).



شكل رقم (٣-٤): رسم تخطيطي يوضح تفاعل أول أكسيد النتريك عند زيادة نسبته في الهواء الجوي مع الأشعة الشمسية .

ويؤدي التعرض المزمّن لتركيز ١٠-٤٠ جزء في المليون لالتهاب القصبات الهوائية والحوصلات الهوائية أما التعرض لتركيز ٢٥-٧٥ جزء في المليون لالتهاب القصبات الهوائية والحوصلات الهوائية أما التعرض لتركيز ٥٠-١٠٠ جزء في المليون فيؤدي لتقرحات رئوية في حين التعرض لمدة ٣ أسابيع إلى ١٥٠-٢٠٠ جزء في المليون لتورم جدر الشعيبات ثم انسدادها تسبب الوفاة بعد ٣-٥ أسابيع . أما التعرض إلى ٣٠٠-٤٠٠ جزء في المليون يؤدي لورم رئوي والتهاب القصبات والحوصلات ثم الموت بعد ٢-١٠ يوم أما التعرض لجرعة ٥٠٠ جزء في المليون / ٤٨ ساعة يؤدي لتورم حاد ثم الوفاة .

يؤدي تحول أول أكسيد النترريك (NO) إلى ثاني أكسيد النتروجين أو النترات ويأخذ الهمما تنتج الأمونيا أما اختزالهما من خلال تفاعل ضوئي كيميائي إلى أول أكسيد النترريك وأكسجين ذري يتفاعل مع الأكسجين الجزيئي إلى أوزون والذي في وجود أول أكسيد النترريك يكون ثاني أكسيد النيتروجين وأكسجين :



كذلك يثبت بالهواء الجوي حوالي ٤٣٠ مليون طن من أكسيد النترريك كذلك تصيب الزوايا الرعدية كميات قليلة منه . في الغلاف الجوي فان أكسيد النيتريك (NO) وثاني أكسيد النيتروجين (NO₂) يأتيان خلال دورة ثاني أكسيد النتروجين الضوئية (Photolytic cycle) فأولا تتشق جزيئات ثاني أكسيد النيتروجين (NO₂) تحت تأثير الأشعة فوق بنفسجية إلى أكسيد نترريك (NO) وأكسجين ذري حيث يتفاعل الأكسجين الذري مع جزيئي أكسجين ويتكون

الأوزون الذي بدوره يتفاعل مع أكسيد النترريك ويعطي ثاني أكسيد النتروجين (NO_2) وأكسجين جزئي وهنا تكتمل الدورة السابقة .

يتفاعل مع الجسيمات الملوثة للهواء الجوي فيتكون ضباب دخاني: طبخن (Smog) ففي حالة وجود شمس ساطعة وهواء ساكن يصعد الهواء الساخن لأعلى ويمنع حركة الهواء البارد فيؤدي لاصطيد ملوثات أخرى وتمنع بعثرتها فتتصحر حرارة الغلاف الجوي كما يؤثر على طيف أشعة الشمس فيصبح لونها أصفر لامتنصاضه اللون الأخضر المزرق خاصة بالمناطق الصحراوية فيحدث انقلاب حراري .

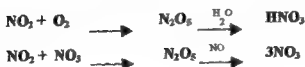
يقاس تركيز أكسيد النترريك بالهواء الجوي الملوث به من خلال :

أ- يقدر أولاً ثاني أكسيد النتروجين كما سبق ثم يمرر الهواء بعد ذلك على برمنجات بوتاسيوم فيتأكسد أكسيد النترريك (NO) إلى ثاني أكسيد النتروجين (NO_2) يقاس تركيزه كما سبق .

ب- من خلال قياس الحرارة المنطلقة عند تحويل ثاني أكسيد النتروجين (NO_2) إلى أكسيد النترريك (NO).

٦-٤- أنهيدريد الأروت (N_2O_5 : Nitrogen anhydride)

ينتج من اتحاد ثاني أكسيد النتروجين مع غاز الأوزون :



ثم سرعان ما يتحد مع بخار الماء الموجود بالهواء ويتكون حمض النترريك الذي سيتفاعل ويمص على مواد أخرى مكوناً أملاح النترات التي تذوب في مياه المطر .



طرق عزل الملوثات الغازية من مصادرها

ويتم عزل الملوثات الغازية من مصادرها بإحدى الوسائل التالية :

أ- امتصاص الملوثات الغازية بمحلول له قابلية عالية الذوبان فيه مثل كلوريد الهيدروجين أو الأمونيا أو متوسطة الذوبان في الماء والذي قد يضاف إليه بعض المواد لزيادة مدى معدل امتصاص الغازات لتحويله لصورة يسهل امتصاصها (فيمتص كبريتيد الهيدروجين مثلاً بمحلول هيدروكسيد الصوديوم و يكون الناتج كبريتيد صوديوم والمستخدم كمصدر أولي لتخليق العديد من المركبات في الصناعة) .

ب- إمتزاز الملوثات الغازية أو اامتصاصها (Adsorption) على جزيئات مادة صلبة كالكربون المنشط أو سطح سائل كمصيدة (Trap) كالاتيلين جليكول ثم تستخلص منه بمذيب مناسب حيث يعاد استخدام الكربون المنشط مرة أخرى بعد تنشيطه وهنا يجب تقدير النسبة المئوية لمعدل الاسترجاع (Rate of Recovery) لعملية استرجاع جزيئات مركب ما من المادة المدمصة حتى يتم الوصول للكمية الفعلية للملووث .

ج- تكثيف الملوثات الغازية المتصاعدة خاصة الأبخرة بتكثيفها وذلك بتبريد الهواء الحامل لها ثم تعزل .

د- حرقها فغالبا ما تكون ناتجة عن عملية احتراق غير كاملة وهو ما يتطلب توفير مخلوط متوازن من الغاز والأكسجين داخل وحدة الحرق والتي تعمل على درجة حرارة مرتفعة (٦٥٠ °م) وتقل في حالة وجوده عامل مساعد كالنيكل والبلاتين وأكاسيد النحاس والمنجنيز والكروم والكوبلت وغالبا ما يفضل النيكل لحرق الغازات و الأبخرة العضوية أما أكاسيد الزنك والرصاص والزرنيخ والزنك فتتلف بفعل هذه الملوثات الغازية حيث يحدث تسمم للعامل المساعد فتتبلل فعله . وقد يستفاد من حرقها بتغذيتها لمسار آخر يحتاج لهذه الطاقة الحرارية .

هـ- تشيع شرائط ورق مبللة بمادة قابلة لامتصاص الغاز الملوث أو التفاعل معه بعد امتصاصه مثل الشرائط المشبعة بخلات الرصاص لتقدير كبريتيد الهيدروجين فتتحول لكبريتيد الرصاص ذو اللون الأسود الذي تتناسب درجة اللون مع تركيز الملوث حيث يقدر كثافة اللون ضوئيا .

الباب الرابع

ملوثات الهواء العنصرية

ملوثات الهواء العنصرية (Air Elemental Pollucanes) هي :

وهي مجموعة من العناصر السامة الخطرة التي تلوث الهواء الجوي عند استنشاقه : (Inhalation) يدخل الجسم عبر الجهاز التنفسي ثم يمتص بالرئتين أو الأمعاء عند حركتها بعد امتصاصها مع تيار الدم ، قد تدخل الجسم أيضا بطريق آخر غير الاستنشاق وهو طريق الفم (Oral Administration) فالجهاز الهضمي يتناول مياه ملوثة أو خضراوات و فواكه مغسولة بمياه ملوثة أو أطعمة ملوثة بهذه العناصر نتيجة زراعتها في أراضي تزداد نسبة تواجدها بها أو لريها بمياه ملوثة أثناء فترة نموها .

١- تلوث الهواء الجوي بأبخرة الرصاص (Air Lead Fumes Pollution)

يزداد تلوث الهواء الجوي بالرصاص خاصة في المناطق الصناعية المصنعة للرصاص ومنتجاته ومناطق المناجم وحول معامل تكرير البترول والمحطات الحرارية ومصانع البطاريات والبويات وأماكن حرق الوقود الصلب والسائل ومصانع السموم الزراعية وحمض الكبريتيك والمطاط والزجاج والأسلاك الكهربائية ومصافي تكرير البترول والمناطق المزدحمة بوسائل المواصلات خاصة المستخدمة فيها كوقود مرتفع في رقم الأوكتان (حيث يضاف إليه رابع إيثيل الرصاص أو رابع ميثيل الرصاص بنسبة تتراوح بين ٠,٤٠ الى ٠,٨٤ جم / لتر بنزين لتجنب صوت فرقعة الاحتراق (Antiknock) ونتيجة لعملية الاحتراق يتحول الى رصاص غير عضوي في صورة أكاسيد وكلوريدات وبروميدات ويمثل هذا المصدر وحده ٩٤ % من الرصاص الملوث للهواء الجوي) .

يعتبر الرصاص من أهم وأكثر المعادن التي لاقت إهتماما كبيرا لتأثيره الضار على الكائنات الحية بكل أوجه الحياة ومكونات النظام البيئي وجميع النظم الحيوية فأشار Orfila ١٨١٧ إلى أن الرصاص والتسمم به هو الذي نال الإهتمام الأعظم عن غيره .

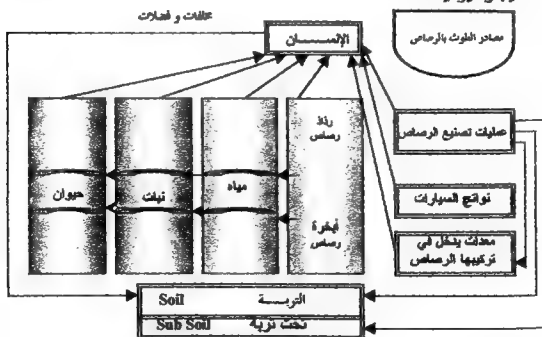
يسقط الرصاص على التربة والنبات يتداخل مع السلاسل الغذائية حيث وجد بالخص نسبة ٠,٢ - ٥٠ جزء في المليون وفي البطاطس من ٠,٢ - ١٧ جزء في المليون و بالجزر من ٠,٢ - ١١ جزء في المليون وعيه فاستهلاك كيلو واحد من الخضراوات الطازجة أو الفواكه الطازجة يؤدي لإدخال ٤ ملليجرام رصاص بالجسم وتزداد هذه النسبة بالمعلبات خاصة التي تم غلقها بالرصاص كعلب الصفيح الخاصة بالجبن الأبيض ، شكل رقم (٤-١) . كذلك يجب وأن ننوه الى أن مستحضرات التجميل كذلك الصبغات المستخدمة في تغيير اللون الطبيعي للشعر و الخاصة بالنصف الطويل تحتوي على مختلفة من مركبات الرصاص كذلك فتناول المشروبات الكحولية يساعد على زيادة نسبة الرصاص في محتوى الدم كذلك يزداد نسبة الرصاص الممتصة بجسم الشخص عن مثيله الغير مدخن .

ونظر لسميته على الجهاز العصبي وفي نفس الوقت لا توجد حاجة بيولوجية ماسة لتواجده لذا فالإهتمام ينصب على تعيين الجرعة التي عندها يصبح هذا المعدن ساما ، والتي تتوقف على العمر والظروف المختلفة للكائن الحي . وأكثر مجاميع الكائنات الحية حساسية له هي الأطفال في سن النمو بالإضافة إلى الأجنة .

ويجد الرصاص طريقة إلى الأفراد عن طريق الغذاء والهواء المحيط نتيجة لإحتراق الوقود المحتوي على فييث عادم السيارات ما يقرب من ٢٠% يتحملة البالغون بينما ٣٥% أو أكثر يتعرض له الأطفال وفي الصناعات المختلفة كالبويات . ويختلف تركيز الرصاص في الهواء باختلاف مصادره وعادة لا تصل إلى ١,٠ ميكروجرام / متر مكعب وخاصة عند إنتاج وإستخدام وقود السيارات الخالي من الرصاص . ويتواجد الرصاص في الهواء الجوى إما في حالة صلبة كمسحوق أو ذرات من ثاني أكسيد الرصاص أو يكون في حالة بخار . أما بالنسبة لمياه الشرب التي تدخل المنازل فهي تحتوي على أقل من ٠,٠٠٥ بيكوجرام (جرام 10^{-6} ميكروجرام = 10^{-6} ناتوجرام = 10^{-12} بيكوجرام) وعلى فإن ما يحصل عليه الفرد يوميا من مياه الشرب يكون عادة في حدود ١٠ ميكروجرام .

الحد المسموح بتواجده من الرصاص في الهواء الجوى بمنطقة عمل : (Maximum Allowable Concentration MACwz) هو ٠,١٥ مللج / م^٣

هواء ويصل تركيز الرصاص أقصاه بالهواء الجوي في ساعة الذروة (Rush hour) حيث يبلغ ١٥ ميكروجرام /³م³ هواء (حيث وجد أن ٧٠-٨٠% من كمية الرصاص الموجودة في البنزين تخرج مع العادم للهواء الجوي والكمية الباقية تبقى في المحرك والكمية المنبعثة مع العادم تكسبون بقطر أقل ٠,٥ ملليكترون لذا فجنود المرور أكثر تلوثاً وتأثراً به كذلك لوحظ أن المطر المتساقط وقت الذروة تحتوي على نسبة أعلى من الرصاص بالأسكن المزدهمة بالمواصلات كالميادين والمدن الأهلة بالسكان كما يترسب بجوانب الطرق السريعة (High Way) ويقل تركيزه تدريجياً بالبعد العمودي على جانبي الطريق ، فلقد وجد أن الطرق السريعة والتي تمر بها ١٤٠٠٠ ناقله يومياً يبلغ تركيز الرصاص بها ٥٥٥ جزء في المليون حيث إن حرق لتر واحد من الوقود يعطي ٠,١ ملليجرام رصاص من العادم هذا بجانب ما يستهلكه أصلاً المحرك من أكسجين لحرق الوقود والذي يعادل تنفس ٣٥٠ شخص كما أن الشخص الواحد يستنشق من مكونات العادم بالهواء ما يعادل ٢٠ سيجارة يومياً .



شكل رقم (٤-١) : دورة الرصاص في مكونات البيئة الغير حية

في حين تبلغ نسبته في التربة ١٦ ميكروجرام / جم تربة و تصل الى ٢٠-٨٠ بالتربة البكر التي لم تررع من قبل وتصل ببعض الأماكن الى ٣٠٠ ميكروجرام / جم تربة . في حين تصل كمية الرصاص (متوسط الامتصاص اليومي) عن طريق الفم (المواد الغذائية) إلى ١٠٠-٥٠٠ ميكروجرام .

ويختلف امتصاص الرصاص خلال الجهاز الهضمي باختلاف الأعمار فيمتص الأطفال حوالي ٤١% من مجموع ما تتعرض له أجهزتهم الهضمية بينما تنخفض هذه النسبة إلى ٥-١٥% في البالغين في حين يمتص تقريبا كل الرصاص الذي يترسب في الرئة . ويعد مستوى الرصاص في دم الإنسان أكثر المؤشرات البيولوجية لدراسته فيوجد على الأغلب اتجاهين لحركية : الرصاص المتحرك في الأنسجة الرخوة والمترسب منه في الهيكل العظمي والذي تبلغ فترة نصف حياته حوالي ٢٠ سنة كما يتركز بالمادة الرمادية بالجهاز العصبي المركزي بينما طريق إخراجه الأساسي بالبول وارتفاع تركيزه بالدم عن ٤٠٠ نانوجرام/ ملل ينتشر بجميع أجهزة الجسم بما فيها الجهاز التناسلي مسببا العقم والإجهاض مع موت الأطفال حديثي الولادة.

ويكون الجهاز العصبي والكلية الهدف الأساسي لسمية الرصاص وترتفع سميته خاصة بالجهاز العصبي الذي يكون في حالة تطور في الأطفال . وعلى مستوى الخلية يتداخل مع تخليق البروتين ويثبط عمل إنزيمات الغشاء والميتوكوندريا بالإضافة إلى تعطيل التخليق البيولوجي للهيم محدثا أنيميا ويؤثر على بروتينات الدم بالكبد والمخ والكلية فانخفاض بروتين الهيم في المخ يؤثر على الجهاز العصبي بينما انخفاضه في الكليتين يؤثر على مستوى (١,٢٥)-Vitamin (OH) ودورها الهام في تنظيم التمثيل الغذائي للكالسيوم ، فالرصاص يشبه في صفاته الكالسيوم ويتنافس معه في تنشيط الإنزيمات المنظمة كما يحدث نقص في النقل العصبي عن طريق تثبيط عمل المواقع الكولونية ويؤدي إلى إعاقة كل من امتصاص الدوبامين بواسطة (Synaptosomes) بالإضافة إلى إعاقة امتصاص حمض جاما-أمينوبوتريك . وينفذ الرصاص خلال المشيمة مؤديا لتأثيرات سلوكية ونقص شديد بوزن أجنة الفئران الكبيرة التي تعرضت للرصاص في ماء الشرب (١٠٠

ميكروجرام / لتر) طوال فترة حملها بالإضافة لوجوده بأنسجة الأجنة طوال فترة الحمل وخاصة بأواخر فترة الحمل .

كذلك فتعرض بيض القراخ أو الفئران الصغيرة لسهه يؤدي لحدوث نزيف في المخ (Cerebral hemorrhage) و (Hydrocephaly) وتشوهات في الجهاز العصبي لصغارهم بينما لم يكن للمانتين رابع إيثيل الرصاص وثالث إيثيل الرصاص أي تأثير تشوهي .

وتعرض الأمهات حديثي الحمل (١٦ يوم) لمعدن الرصاص ولمدة ٨ ساعة / يوميا / ٨ أسبوع أدى لإرتفاع مستواه في أنجتهن عن مستواه بالأمهات وبعد مرور ٣ شهور أجهضت الأمهات بدون سبب محدد واضح وهو ما يشير بأن مستواه بدم الأجنة لا يحدده بالضرورة مستواه في دم أمهاتهم إنما يحدده ما يتحرر من المتراكم منه بكد وعظام الأجنة . فاثبتت الدراسات أنه ينفذ خلال المشيمة وأن الأفراد بالمدن (Urban) يعيشون من أرتفاع مستوياته بالدم بالمقارنة بهؤلاء الذين يعيشون في الريف .

وتتمثل أعراض التسمم بالرصاص بصفة عامة في الإمساك ، والإحساس باللم شديد في البطن (حول وتحت الصرة) مع قيئ (Vomiting) عند بدء الألم والمغص مع برودة وشحوب في اللون وغزارة العرق ثم الصداع وضعف عام والألم تشنجية (Convulsion) بالمعدة في حين تكون الأعراض المزمنة في صورة انهيار في القوى وتبلد فكري وتخلف عقلي وفقدان القدرة على التركيز مع ضعف الذاكرة مع رعشة وصمم قد يصل الى فقد النطق أو العمى ثم تبدأ أعراض الشلل على اليد اليمنى ثم اليسرى ثم شلل بالمخ . أما بالنسبة للدم فيحتوي على نسبة ٢٠-٤٠ ميكروجرام / ١٠٠ ملل دم أي ما يعادل ٠,٢ - ٠,٤ جزء في المليون وعند وصوله الى ٠,٨ جزء في المليون يؤدي الى تكسير كرات الدم الحمراء و بالتالي نقص في الهيموجلوبين فتظهر الأنيميا و قيئ ومغص كلوي حاد واضطراب عصبي (صرع وغيبوبة) لنفاذه من الحاجز الدموي المخي (Blood Brain Barrier BBB) مما يؤدي لانخفاض في مستوي الذكاء والتفكير والإدراك مع وجود اضطرابات فسيولوجية لتثبيط بعض الإنزيمات كذلك يعوق التخلص من البوليك كما أن له تأثير سيئ على الأجهزة التناسلية وعملية التكاثر كذلك يؤدي إلى إجهاض (Abortion) واضطراب في الدورة الدموية بالإثاث وولادة أطفال أقل في الوزن حيث لوحظ أن وجود الرصاص بمعدل ٨ ميكروجرام / ١٠٠ ملل دم

بالأم يؤدي لنقص وزن الجنين يعادل ١٩٢ جم ، حيث لوحظت علاقة واضحة بين زيادة مستوى تركيز الرصاص بأجسام الأطفال وانخفاض مستوى الذكاء بينهم وضعف الاستجابة للمؤثرات الصوتية والبصرية ، كذلك لوحظت علاقة واضحة بين مستوى تراكم الرصاص في الأجنة وبين حالات التشوه الخلقي (Teratogenesis) ، كذلك يؤدي لضعف تخليق الهيموجلوبين لتأثر إنزيم (Ferro chelatae) فتتفك سلسلة ألفا بروتين الحديدي والمكون للهيموجلوبين لاتحاده مع مجموعة السلفهيدريك (-SH) بالأنزيم المسئول عن تكون الهيم فيؤدي لفقر دم وضعف التبادل الغازي ، حيث يحدث التسمم بالرصاص عندما تبلغ نسبته بالدم < 80 ميكروجرام / 100 جرام أي 80 جزء في المليون فيؤدي لضرر خطر في تركيب الدم وزيادة حمض دلتا أمينو لوفيلينك و كوبورفيرين III و يروفوبيلينجير (Profobilineageir) بالبول . ولقد لوحظ في منطقة الخليج العربي كذلك في المغرب العربي (تونس - الجزائر - المغرب) زيادة في مستوى التلوث به نتيجة استخدام أنواع من البخور الهندية والكحل (طلاء لجفون العين ورموشها لدى الإناث) حيث تحتوي على نسبة عالية من مركبات الرصاص تتراوح بين $4,6$ - $91,8$ % فتم عمل مسح طبي لحالات تسمم للأطفال ذو الأعمار المتراوحة بين ستة شهور و حتى عام (أربعة وعشرون طفل) حيث توفيت ستة حالات منهم ستة وستة أخرى ظهرت عليهم أعراض التخلف وعدم توافق حركي ثم عدم حركة وتأخر في عملية النضج . كذلك يوجد طفل / ستة أطفال مصاب بإحدى درجات التسمم بالرصاص .

ولكون مركبات الرصاص العضوية منيئات للدهون لذا يمتصها الجلد بسرعة بمجرد ملامستها الجلد (حيث مركبات الرصاص الغير عضوية لا تمتص بالجلد) وتتخلله بسهولة وتتغذى لتيار الدم ثم تتوزع على الجسم كله في حين لا تتغذى مركبات الرصاص الغير عضوية عند ملامسة الهواء الجوى الملوث بها للجلد في حين تمتص مركبات الرصاص القابلة للذوبان في الماء كخلات الرصاص بالقناة الهضمية إلا أن $85-90$ % من مركبات الرصاص التي تصل للجهاز الهضمي لا تذوب في الماء ويتم التخلص منها خارج الجسم مع البراز أما النسبة الباقية منها $10-15$ % فتمتص وتصل

بالدم للكبد ثم يعود جزء منها للكبد للأمعاء فالصفراء كوسيلة للإخراج والتخلص منه .

كذلك يؤدي زيادة نسبة الرصاص بالجسم لزيادة إفراز حمض اليوريك بالدم ثم يترسب بالمفاصل والكلية فيؤدي لالتهاب الكلية المزمن ، كما يترسب بأنسجة العظام فتحل محل الكالسيوم فالعوامل التي تساعد على ترسيب وتخزين الكالسيوم هي نفسها العوامل المساعدة على ترسيب وتخزين الرصاص بالعظام إلا أنه قد ينفرد من العظام ويعود للدم من جديد ثم تحدث له إعادة توزيع (Redistribution) بأماكن أخرى كالأسنان أو بالأنسجة الطرية أو بالمخ .

أما عند وصول نسبة الرصاص في دم الأطفال إلى ٠,٦ جزء في المليون فتؤدي إلى تسمم سريع وموت نتيجة تلف الجهاز العصبي المركزي ، كما يؤدي لتلف المادة الوراثية وهو ما لا يمكن إصلاحه ومعالجته فينتج نسل مشوه ومتخلف عقليا وهو ما سيتم مناقشته بشيء من التفصيل قيم بعدد علاوة على ظهور حالات سرطانية كذلك يحدث خلل في تكوين خيوط المغزل عند الانقسام فينشأ خلل في توزيع الصبغيات (الكروموسومات) حوامل الصفات الوراثية (أي الجينات) أما عند بلوغ مستوى الرصاص إلى ٦٠ ميكروجرام / ١٠٠ ملل دم فتؤدي لفشل كلوي .

مما سبق يتضح أن تأثير الرصاص ومركباته على الأطفال يكون أوضح وأكبر وهو ما يعزي لزيادة درجة نشاطهم (Activities) وحركتهم المستمرة وهو ما يتيح فرصة أكبر وأطول لاستمرار التعرض (Duration of exposure) لاستنشاق كميات أكبر ، كذلك تعيق مركبات الرصاص نمو خلايا مخ الأطفال خاصة حديثي الولادة لسهولة تثبيط العديد من الأنزيمات ، كذلك انخفاض محتوى جسم الطفل من الدم حيث لوحظ أن تركيز ٨ ميكروجرام / ١٠٠ ملل دم بالأم الحامل يؤدي لولادة أطفال يحتوي دمهم على تركيز أعلى من الرصاص (٢٥ ميكروجرام / ١٠٠ ملل) .

كذلك يتبط الرصاص هدم المواد العضوية بالكائنات الحية الدقيقة وزيادة تركيزه يتبط عملية التمثيل .

يقاس مستوى تلوث الهواء الجوي بالرصاص بعد امتصاصه بمصيدة من خلال امرار تيار هوائي ملوث ثم يقدر بجهاز الامتصاص الذري (Atomic absorption) أو يقاس كروماتوجرافيا حيث تجمع عينة الغبار العالق بجهاز جمع الجسيمات من المرشحات وتحرق عند ٤٢٥ م ثم يذاب المتبقي بعد الحرق ٣٢ ملل فلوريد هيدروجين ثم يضاف ٦ ملل حمض نيتريك ثم ١,٥ ملل حمض هيدروكلوريك ويسخن على درجة ١٢٠ م ثم يبخر المحلول على درجة حرارة ٧٠ م ويذاب المتبقي في ٢٥ ملل حمض النيتريك ١,٥ عياري حيث يقاس تركيز الرصاص بجهاز الامتصاص الذري ويحسب التركيز بالميكروجرام /م^٣ هواء وتصل دقة النتائج إلى ٠,١ ميكروجرام /م^٣ . أو تهضم جزئيات الرصاص بعد هضم ورق الترشيح المترسبة عليه بمادة الدايثيازون (Dithiazone) ثم تقاس شدة الامتصاص على طول موجي قدره ٥١٠ نانوميتر .

حركية سمية الرصاص (Toxicokinetics) :

يمتص البالغون كمية من الرصاص تتراوح بين ٥-١٥% عن طريق الغذاء ولا تحتفظ أجسامهم بأكثر من ٥% مما أمتص وهذه النسبة تصل في الأطفال إلى ٤١,٥% في المتوسط ويحتفظون بحوالي ٣١,٨% مما أمتص . ويتوقف امتصاصه بواسطة الرئة على عوامل كثيرة بالإضافة إلى التركيز مثل حجم الهواء المستنشق يوميا (بهيئة بخار أو ذرات) كذلك حجم الذرات الموزعة في الهواء (فكلما قل حجمها كلما زادت نسبة إحتفاظ الرئة به ولحسن الحظ فإن ٩٠% من ذراته الموجودة بالهواء لا تراكم بها) .

ويتواجد معظم الرصاص الموجود بالدورة الدموية في أغشية خلايا الدم الحمراء أو في الهيموجلوبين وبالرغم من أن تواجدته بالبالزما والسيرم غير محدد ويصعب قياسها وتقديرها إلا أنه يشير لإحتمال تسرب جزء من الرصاص يعادل ما تحتويه الأنسجة الرخوة أو نهاية الأعضاء التي تكسون أماكن للارتباط وغالبا ما تكون في حالة تعادل بينها وبين ما يوجد في داخل خلايا الدم الحمراء والبالزما .

ويخترق الرصاص المشيمة بحيث يكون مستوي ما يوجد بالحبل الدموي موازي لمستواه في دم الأم والذي يتناقص مستواه بدم الأم تدريجيا

أثناء الحمل ربما بسبب تخفيف مكونات الدم ويتراكم الرصاص في أنسجة الأجنة بما ذلك المخ ويكون متناسبا مع مستواه بدم الأم .
ومعظم التعرض البيئي لمعدن الرصاص يكون في صورة مركبات غير عضوية حتى ولو وجد في الأغذية فالرصاص المضاف إلى غذاء حيوانات التجارب يكون أقل في تفاعله البيوكيميائي من خلاصات الرصاص بينما التعرض للرصاص العضوي له نموذج لنمط سمي موحد ومعروف .

تأثيراته العصبية السلوكية والتطورية :

تتعرض الأطفال لتركيزات عالية تصل إلى ٨٠ ميكروجرام/ديسلتر تسبب أمراض في المخ (Encephalopathy) وتتخلص أعراضها في نسيان أو غيبوبة (Lethargy) وفيه وحساسية وفقد الشهية ودوخة أو دوام موديا لفقد المقدرة على توافق العضلات الإرادية مع انخفاض في التنبيه (Consciousness) والذي قد ينتهي بغيبوبة ثم الموت حيث يري تورم شديد بالمخ نتيجة لخروج السوائل من الأوعية الدموية الدقيقة مصحوبا بفقد في الخلايا العصبية مع زيادة في الخلايا اللاصقة (Glial cells) فإذا ما حدث الشفاء يكون مصحوبا بالصرع أو التأخر العقلي وفي أحيان كثيرة تحدث أمراض بالعيون أو عمى.

ميكانيكية تأثيره وسمية الجهاز العصبي :

نظرا لتعدد تطور الجهاز العصبي وفرصة تداخل الرصاص في نظام التطور العصبي الطبيعي فقد قسم تأثير الرصاص إلى مجموعتين كبيرتين :
• تأثير مورفولوجي شديد ومؤكد وهو تدهور البرنامج الزمني للإتصالات بين الخلايا فينتج عن ذلك تغيرات في الدورة العصبية كما بحث على التمييز المبكر جدا للعقد العصبية التي تهاجر إليها للخلايا حيث تتمركز في مواقعها أثناء تكوين الجهاز العصبي المركزي .
• تأثير فارماكولوجي يتداخل مع ميكانيكية وظيفة النقل بالشبك ويعتقد أنه يحل محل الكالسيوم وأيضا الزنك في الحالات التي تعتمد على الأيونات في نهاية الأطراف العصبية : الشبك (Synapses) فيكون مسئولا عن إعاقة نظم الانتقالات العصبية المختلفة مثل مواقع النقل الكوليني والنورأدريناليني و (GABergic) والدوبامينية وقد لوحظ أن التركيزات الجزئية من الرصاص تعمل على تنشيط إنزيم بروتين كينيز بالشعيرات

الدموية الدقيقة بالمخ والذى يعتمد على الكالسيوم في عمله كمرسل ثان في تنظيم عملية الأيض الخلوية فإذا ما حدثت الإعاقة من الرصاص تكون النتيجة إتهيار تماسك الحاجز الدموي المخي بالإضافة إلى أنه قد يحل محل الكالسيوم في تفاعلات (Calmodulin) المعتمدة على الكالسيوم فينبط إنزيم (Membrane-bound Na-K ATP ase) ويتداخل مع طاقة الأيض ورغم أن هذا للتأثير عكسي وإزالة الرصاص من المواقع للنشطة ممكنة إلا أنه حتى الآن لا توجد معلومات تشير إلى خفض مستويات الرصاص في الدم سواء بالإبتعاد عن التعرض أو بواسطة العلاج بمسكه مخليا (Chelation) فيؤدي لإزالته من المواقع الجزئية الحساسة . ومخ الجنين أكثر المناطق حساسية لتأثير الرصاص لعدم إكمال نمو الحاجز الدموي المخي بالإضافة إلى أن خلايا الطلائية الداخلية التي تحت النمو والتطور وتكون الشعيرات في المخ الغير تام النمو تكون أقل مقاومة لتأثيراته عن مثيلتها بالمخ التام النمو لأنها تسمح بوصول السوائل والكاتيونات (كالرصاص) إلى مكونات المخ تحت التكوين بما فى ذلك خلايا الأستروسيات والأعصاب .

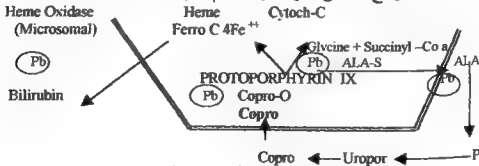
تأثيراته على الأعصاب المحيطة (Peripheral Neuropathy) :
يعتبر تأثيره السام على الأعصاب المحيطية من نماذج تواجد في جسم الكائن الحي وخاصة ما يسببه من أعراض بإرتخاء القدم والرسغ (Foot & Wrist drop) بعمال النقاثة المتعرضة له بحكم وظيفتهم . وقد يحدث فساد (Degeneration) للخلايا العصبية مع إزالة الغشاء الميليني (Demyelintion) بعد تآكل وإتهيار خلايا شوان (Schwann) بالإضافة لإحتمال حدوث فساد والبريان (Wallerian degeneration) بالنهايات العصبية للساق ومؤخرة الجسم والأعصاب الحسية أقل تأثرا بالمقارنة بتكوين وعمل الأعصاب الحركية التي قد يتأثر عملها وحركتها بوجوده بالدم بمستوى يصل إلى ٤٠ ميكروجرام/١٠٠ ملل .

تأثيره على مكونات الدم (Hematological effects) :
يحدث الرصاص كثير من التأثيرات على مكونات الدم كالأنييميا حيث تكون خلايا الدم الحمراء صغيرة جدا بالإضافة لكونها صبغية (Hypochromic)

كما يحدث في نقص الحديد وزيادة عدد الخلايا الشبكية (Reticulocytes) وتصبغ بصبغة قاعدية نتيجة لتنشيط إنزيم بيريميدين-5-نيوكليوسيداز فتوجد علاقة عكسية بين تنشيط الإنزيم وتركيزه بالدم فوجد أن المستوى الحرج لتنشيط الإنزيم بالدم (٤٤ ملليجرام/ ١٠٠ ملل بالإضافة إلى العلاقة الموجبة والمؤكددة لتراكم البيريميدين والزنك والبروتوبورفيرين فتشيط نشاط الإنزيم وتراكم نيوكليوتيد البيريميدين تؤثر علي ثبات وحيوية أغشية خلايا الدم الحمراء بتغير طاقة تمثيل الخلية .

وتنتج الأنيميا عن سببين أساسيين:

- ♦ الأول : قصر دورة حياة خلايا كرات الدم الحمراء .
- ♦ الثاني : عرقلة تخليق الهيم فقصر دورة حياتها يرجع لزيادة هشاشة أغشية جدرانها مصحوبة بتنشيط إنزيم (Sodium- Potassium dependent ATP ase) والمعتمد على الصوديوم والبوتاسيوم ، شكل رقم (٤-١) فيوضح مدى تأثيره على الهيم وتخليقه فالإحتمال السائد بأن هذا التأثير ينصب على تنشيط إنزيم (o-Aminolevulinic Acid Dehydrase : ALA-D) مما ينتج علاقة أسية سالبة بين الإنزيم والرصاص بالدم . كما يعمل الرصاص على خفض نشاط إنزيم (Ferro chelatase) الذي يعمل ويساعد على إدخال أيون الحديد في حلقة البورفيرين أثناء تكوين الهيم وتحل الزيادة في البروتوبورفيرين محل الهيم في جزيء الهيموجلوبين وعندما تنتشر خلايا الدم الحمراء والمحتوية على البروتوبورفيرين نجد أن الزنك يمسك في منتصف الجزيء في نفس المكان الذي عادة يشغله الحديد ويتميز خلايا الدم الحمراء المحتوية على بروتو بورفيرين الزنك بأنها شديدة الوهج فتعطي فكرة عن التسمم بالرصاص .



شكل رقم (٤-١) : تخليق الهيم والأمكن المتأثرة بالرصاص

ويعتقد أن الإنخفاض في تخليق الهيم يحث على الزيادة في معدل نشاط الخطوة الأولى من مسار تكوين الهيم وذلك نتيجة تحكم (Negative feedback) لإنزيم (Aminolevulinic Acid Synthetase) مما يؤدي إلى زيادة في إنتاج الحمض (Aminolevulinic Acid : ALA) بينما الانخفاض في نشاط (D - ALA) يؤدي إلى زيادة الإخراج البولي للحامض . وبتعاطي حيوانات التجارب معدن الرصاص مسبقا أدى إلى ارتفاع معدل نشاط إنزيم (Hem oxygenase) مؤديا لارتفاع في تكوين البليرويين .

والتغيرات التي تحدث في معدل نشاط الإنزيمات وخاصة (ALA) - (D) بالدم المحيطي وإفراز الحمض في البول لهما علاقة وثيقة بالمستويات الحقيقية للرصاص في الدم وتخدم كدليل بيوكيميائي مبكر للتعرض .

وحساسية بعض الأشخاص لتأثير الرصاص على أيض الهيم قد يكون له علاقة بالمشابه الوراثي للهيم فمثلا الجين (D - ALA) له أثنين من الأليلات الشائعة وهما : (D1- ALA) و (D2- ALA) ^٢ فيؤدي إلى مشابهاً بالنظام الإنزيمي ومكونا بذلك ثلاثة من شبيهات الإنزيم (Phenotypes) وهما : (D¹¹- ALA) و (D¹⁻¹ D- ALA) و (D²⁻² D- ALA) .

تأثيره على الجهاز البولي :

منذ القدم وتأثير الرصاص على الجهاز البولي معروف نتيجة التعرض له في الصناعات المختلفة ولكن مع التقدم العلمي والحضاري أدى إلى تراجع مثل هذه الأمراض فالتسمم بالرصاص قد يكون حاد ويزول التأثير بزوال المعدن أو قد يكون مزمن لا رجعة منه .

فتقسم الجهاز البولي بالرصاص يكون أساسا في التغيرات الوظيفية أو التكوين المورفولوجي بالخلايا الأنبيبي القريبة وتتحصر الأعراض السريرية في خفض وظائف الانتقال المعتمدة على الطاقة بما في ذلك ظهور الأحماض الأمينية و الجلوكوز في البول وانتقال الأيونات .

ويعتقد أن التغيرات الوظيفية ذات علاقة بتأثير الرصاص على التنفس والفسفرة بالميتوكوندريا والتي يمكن رؤيتها ميكروسكوبيا كتكوين معقد من البروتين والرصاص يظهر في خلايا الإنابيب البولية على هيئة أجسام معتمدة

متشابهة ومحبة لصبغة الأيوسين وتحتوى هذه الأجسام في منتصفها أجسام أكثر كثافة ويحتوى معقد البروتين على كمية كبيرة من أحماض الأسبارتيك والجلوتاميك و قلة السيستين .

تأثيره على الجهاز التناسلي :

يعتبر الرصاص معدن سام للجاميطات بالذكور وإناث الحيوانات بالإضافة إلى حدوث تشوهات كروموسومية لعمال صناعة البطاريات والمحتوية دمائهم على مستويات منه أعلى من ٦٠ ميكروجرام/١٠٠ ملل . كذلك انخفض عدد الحيوانات المنوية وقل نشاطها وتغير شكلها بالرجال عندما انخفض مستوى الرصاص بهم إلى ٤٠ ميكروجرام/١٠٠ ملل بالإضافة إلى انخفاض بوظائف الغدد الصماء في الخصي .

٢- تلوث الهواء الجوي بأبخرة الزئبق (Air Mercury Pollution) :

يبعث سنويا من القشرة الأرضية ما يقرب من ٢٧٠٠ - ٦٠٠٠ طن زئبق بالإضافة إلى ما يقدر بحوالي ١٠,٠٠٠ طن أخرى تتولد من المناجم والعمليات الصناعية التي تستخدمه كصناعة لب الورق والصودا الكاوية ولا تتوقف إضافة الزئبق إلى البيئة عند هذا الحد وإنما تتعداه نتيجة وقود الحفريات (Fossil fuels) وإنتاج الأسممت والتعدين ورماد الاحتراق (Incineration).

ومن الأهمية بمكان هو المعرفة والتمييز بين حالات التعرض الزئبقي فيوجد بصورة غير عضوية (بخاري ومعدني) أو بصورة عضوية ويتحول كل من الزئبق العضوي وغير عضوي بفعل البيئة فيتأكد الزئبق المعدني إلى زئبق غير عضوي ثنائي الرابطة خاصة في وجود المواد العضوية كما بالبيئة المائية ويعتبر هذا التحول هاما حيث دورة الزئبق في محيط الكرة الأرضية ووجود الزئبق في حالته البخارية كمنبع ينساب إلى المحيط الخارجي للأرض وهناك منبع آخر وهو الكلة الزئبق ثنائي الرابطة وتحوله إلى داي ميثيل الزئبق بفعل نشاط البكتريا اللاهوائية.

وتشمل دورة الزئبق في الكرة الأرضية في بث بخار الزئبق الذي يتحول إلى حالة ذائبة وعليه يتواجد في التربة والماء عن طريق الترسيب وعادة يمكن بخار الزئبق في الجو بين ٠,٤-٣ سنوات بينما الزئبق القابل للذوبان تكون مدة ثباته في حدود بضعة أسابيع .

يتم تلوث الهواء به في المناطق الصناعية حول مصانع الأجهزة الطبية والمعملية الخاصة بالترمومترات ومقاييس الضغط ومفاتيح الكهرباء العازلة والمصابيح ومصانع السبائك والمفرقات والمبيدات ومواد التنظيف والتعقيم ومواد الطلاء والملاغم الخاصة بإذابة الفلزات كالذهب والفضة والصوديوم كما يستخدم كعامل مختزل لإذابة الألومنيوم لطلاء النحاس وكلغم للفضة والتصدير لحشو الأسنان .

يستخدم الزئبق طبيعياً من كبريت الزئبق (HgS) يفصله عن كبريت الحديد والزرنيخ والرصاص والزنك كما يث في الهواء الجوي طبيعياً من حمم ودخان البراكين والمياه الحارة ومياه البحار .

يعد الزئبق الفلز الوحيد السائل على درجات الحرارة العادية ويتحد مع الأكسجين في وجود الرطوبة والكبريت والزرنيخ .

يعد استنشاق الهواء الملوث بالزئبق عن طريق المجاري التنفسية أكثر خطورة عما لو أمتص خلال الجهاز الهضمي تمتص المركبات اللاعضوية أكثر من المواد العضوية فعند وصول أبخرة الزئبق للحويصلات الهوائية والشعيرات الدموية المنتشرة عليها يتكسد لأملاح زئبق قابلة للاندخال في الدم عن الأنسجة والبلازما . ومن الصعوبة تحول مركبات الزئبق العضوية إلى لا عضوية بالدم والكبد والكليتين لذا تبقى السموم الزئبقية اللاعضوية في الدم بكميات كبيرة . وحددت هيئة الصحة العالمية الحد الأقصى المسموح منه داخل الجسم لا يتعدى ٠,٣ مللج زئبق / أسبوع .

يتراكم الزئبق في الكليتين والمخ والطحال والجهاز التنفسي حيث تتركز المواد العضوية الزئبقية بالمخ والكبد من مركبات الزئبق اللاعضوية ويتم

إخراج مركبات الزئبق مع البول والبراز والعرق واللعاب واستنشاق الزئبق الملوث للهواء بتركيز ١٢٠٠ - ٨٥٠٠ ميكروجرام /م^٣ يؤدي لتسمم حاد على الجهاز الهضمي والكليتين ويؤدي لصعوبة في التنفس وسعال وانحلال الدم وتشنج الوجه ورعشة بالأصابع والعين ، أما دخوله عن طريق الفم يؤدي لآلام معوية وقبيئ وإسهال وصداع وبسول زلالي (Albuminurice) وتورم الغدد اللعابية والتهاب أغشية الفم والمعدة ويكون بالثثة خطوط سوداء وتتساقط الأسنان مع ظهور تقرحات .

التسمم المزمن بالزئبق يتميز برعشة وتشنج عصبي مع زيادة إفراز اللعاب ألم بالفم والثثة وتورمها مع نزيف مع تتميل اللسان وصمم وضعف البصر والتهاب الجلد وقد يؤثر على التوصيل العصبي ببطيء الاستجابة وعدم وضوح اللهجة مع ضيق وكدر واكتئاب وخوف وخجل . مركبات الزئبق غير جاهرة الامتصاص بالقناة المعد معوية ولكن عند امتصاصها تتراكم بالكبد والكلى حيث تفرز في البول .

أبخرة الزئبق أكثر خطورة من الأشكال الغير عضوية لأنها تنتشر بسرعة خلال الشرايين ومنها للدم والمخ وهنا تحدث أقصى خطورة .

أما اريلات الزئبق فهي اقل سمية من الأشكال الغير عضوية حيث تتسهار وتتكرر إلى مشتقات غير عضوية أما الكيلات الزئبق فهي أكثرها سمية وثبات وبقاء في الأنسجة بتركيزات عالية كذلك فنوياتها في الدهون يعطيها مول أكثر للأنسجة العصبية .

يؤدي الزئبق لظهور تشوهات في اتقسام الخلية وزيادة تكرار كسر الكروموسوم (Breakage's) ربما لاتحاده مع مجاميع السلفهيدريل (S_H) للأنزيمات فتتبط .

وتعد الكائنات الحية عموما حساسة تقريبا لمشتقات الزئبق فيكتريا تثبتت النتروجين بالتربة تحتاج ١٠٠ جزء في المليون قيل أن يحدث لها تأثير حيث أن نسبته بالتربة العادية ٠,٠٠٠٥ جزء في المليون أم البحار والماء العذب

والفيونيلاتكتون (دياتومات) حساسة جدا للسموم الفطرية الزئبقية العضوية (٠,٠٠١) فتسبب نقص في التخليق الضوئي بها . وعموما فالعديد من الطحالب والنباتات قادرة على امتصاصه من البيئة المحيطة .

يتحول الزئبق في البيئة من أشكاله المعدنية إلى مشتقات الميثيل والداي ميثيل زئبق بالكائنات الدقيقة ألا هوائية كلوستريديوم (Cholstridium) خاصة في النباتات المائية وهو ما يحدث مع الأسماك الميته ، أما في النباتات الهوائية فتحدث بتأثير بكتريا البسيديموناس (Pseudomonas) والفطريات : نيروسبورا (Neurospora) .

كذلك يتحول فينيل الزئبق وميثيل أو إيثيل الزئبق إلى فينول وميثيل أو إيثيل بجانب الزئبق العنصري بواسطة البكتريا الذي يتحول إلى زئبق عضوي مرة أخرى بعد ذلك .

ويعتبر ميثيل الزئبق الذي يتراكم حيويًا المصدر الرئيسي لتعرض الإنسان من خلال المواد الغذائية أو من خلال التلجيم عن الذهب أو إستخراجه كذلك يوجد الزئبق في التركيبات الصناعية التي تستخدم في علاج الأسنان هذا بالإضافة إلى كل من الماء والهواء والتي تسهم يوميا في إضافة كمية كبيرة يتعرض لها الإنسان ففي معظم المواد الغذائية يتواجد الزئبق بحالة غير عضوية وكميته تحت المستوى الذي يمكن إكتشافه (٢٠ ميكروجرام / كج من الوزن الطري) فالأسماك كسمك القرش والسيوف والتونة وأسماك المياه العذبة ومنتجاتها وخاصة بالبحيرات والمجارى المائية الملوثة تحتوى على مستويات أعلى ١٢٠٠ ميكروجرام/كج فاستهلاك ٢٠٠ جرام من السمك تحتوى على ٥٠٠ ميكروجرام من الزئبق/كج والتي تعطى ١٠٠ ميكروجرام زئبق في صورة ميثيل الزئبق وهذه الكمية تعتبر نصف ما يمكن تحمله أسبوعيا (منظمة الصحة العالمية سنة ١٩٩٠) حيث أنه يمتص كلية ويتوزع في أنسجة الجسم المختلفة في غضون أربعة أيام .

وقد ثبت بالأبحاث سمية ميثيل الزئبق في أجنة الفئران الصغيرة بمجرد التعرض لمرة واحدة بمقدار ٢,٥ - ٧,٥ ميكروجرام/كج كذلك فعند معاملة رحم إناث هذه الفئران بجرعة تساوى ٠,١ مل بمركب (Phenyl mercuric

acetate) في اليوم السابع من الحمل أو إعطائها هذه الجرعة بالفم في اليوم الثامن من

الحمل أدى ذلك إلى حدوث ٩-١٥% أجنة مشوهة على التوالي وانحصر التشوه في الجهاز العصبي والعينين بالإضافة إلى تشوه الذيل . كما يحدث ميثل الزئبق التشوه في الفئران الكبيرة وتغيرات سلوكية في نسل القردة عند تعرض الأمهات لجرعات تتراوح بين ٥٠ - ٧٠ ميكروجرام / كجم / يوم قبل وأثناء الحمل بالإضافة إلى تأثير عملية تكوين الحيوانات المنوية في ذكور الفئران الصغيرة عند تعرضها لمجرد ١٠٠ ميكروجرام/كجم من مركب ميثل الزئبق .

أما بالنسبة للإنسان البالغ فلم يثبت تأثير ضار عليا عند تعرضه اليومي وعلى المدى الطويل لجرعة تتراوح بين ٣,٠-٧,٠ ميكروجرام/ كج بينما لا تتأثر الإثاث فيحتمل حدوث الضرر للحوامل فأمكن الكشف عن الزئبق وتواجده في مشيمة الإنسان وينتقل ميثل الزئبق إلى المخ عن طريق حملات البروتين فيسرع السيستئين وصول ميثل الزئبق إلى المخ ويشابه المركب الناتج من اتحاد ميثل الزئبق مع السيستئين لمركب الميثيونين وهو مادة تفاعل لنظام نقل الأحماض الأمينية المتعادلة وتعرض الإنسان لبخار الزئبق يكون عن طريق تركيبات الأسنان حيث تعمل هذه التركيبات على تسبب وانفراد بخار الزئبق بالفم وعند إزاحة هذه الحشوة يزداد تسبب الزئبق بحدّة . كذلك فإن معدل تسبب الزئبق يزداد بزيادة الضغط على أسطح الأسنان عند المضغ أو عند تنظيفها بالفرشاة وطالما انفرد الزئبق فإنّه يترسب في أنسجة الجسم ثم يفرز خارجة عن طريق الكلى .

وتعرض الإنسان أثناء عملة لبخار الزئبق يؤدي إلى سمية كل من الجهاز البولي والرئة وحدوث إضطرابات في الطمث عند الإثاث المتعرضة لممدد طويلة تريد عن ٣ سنوات وتكون مصحوبة بانخفاض في الخصوبة .

كذلك فعند تعرض الإنسان لغذاء ملوث أدى إلى ولادة أطفال بها أشكال عديدة ومختلفة من التشوه فعند تغذية أمهات باليابان على سمك ملوث أدى ذلك إلى ولادة أطفال ذوى نقص عقلي مع وجود شلل فهو ذو سمية مؤكدة إذا أختلط بسلسلة الغذاء بواسطة الأسماك فتمرر أما إلى الإنسان أو قد تنتشر

في الغلاف الجوى ثم تعود ثانية القشرة الأرضية أو إلى المسطحات المائية في صورة ميثل الزئبق عن طريق مياه الأمطار .

أما تحت الظروف القلوية ينفرد ميثل الزئبق إلى داي ميثل الزئبق المتطاير وتحت ظروف الأكسدة (خاصة في وجود الأشعة فوق بنفسجية) ينكسر فينيل الزئبق والكوكس الكيل الزئبق والكيل الزئبق إلى زئبق غير عضوي . أما تحت الظروف اللاهوائية فيتحد الزئبق مع كبريتيد الهيدروجين لتكوين كبريتيد الزئبق شحيح الذوبان ويتعرضه للهواء حيث يتحول إلى كبريتات ذائبة يمكن أن تمثل حيويًا .

يتم علاج حالات التسمم باستهلاك كمية لبن أو بياض بيض فيؤدي للقيء الذي يجب أن يتكرر كثيرا (حوالي ٢٠ مرة) . كما يتم العلاج بعد امتصاصه بالحقن الوريدي بمركب صوديوم ثيونيت $(Na_2S_2O_3)$ ٢-٥ جم أو ثيوكبريتات الصوديوم $(Na_2S_2O_4)$ بهدف تحويل الزئبق لكبريتد زئبق لا ينحل .

حركية سمية الزئبق (Toxicokinetics) :
ترجع سمية الأمثكال المتعددة للزئبق إلى حالته الكاتيونية بينما ذوبانه وتحوله الحيوي وتوزيعه بالأنسجة يتحكم فيها حالة الرابطة والتكوين الأنيوني فيتبخر الزئبق المعدني إلى بخار الزئبق عند درجات حرارة جوية كافية وعلية فعظم تعرض الإنسان يكون بالإمتشاق حيث يخترق بخار الزئبق أغشية الجهاز التنفسي ويزوب بالدهون ويميل للتأثير على كرات الدم الحمراء والجهاز العصبي المركزي . ويمتص الزئبق المعدني ببطء شديد خلال القناة الهضمية بمعدل مواز لمعدل تبخره وعادة لا يكون له أي مضاعفات سمية .

وتحتوى الكلى على نسبة من أملاح الزئبق الغير عضوية أحادية أو ثنائية الرابطة عند التعرض لهذه الأملاح أو الزئبق بينما الزئبق العضوي يميل إلى الوصول للمخ بنسبة أعلى وخاصة في مؤخر الجزء الخارجي (Posterior cortex) .

أما تخلص الجسم من الزئبق فيكون عن طريق البول أو البراز متوقفاً على نوع التجهيزة وحجم الجرعة والوقت الذي يمضي بعد التعرض ، فعند التعرض لبخار الزئبق يتخلص الجهاز التنفس من جزء بسيط عسّن طريق الزفير في حين يكون التخلص الأساسي والسائد عن طريق السبراز عندما يتعرض الإنسان للزئبق الغير عضوي . ويزاد إفراز الزئبق من الجسم عن طريق البول بمرور الوقت فيفرز ٩٠% من مثيل الزئبق عن طريق البراز سواء أكان التعرض حاد أو مزمن ولا يتغير بمرور الوقت .

وتتخرق جميع أشكال الزئبق المشيمة وتصل إلى جنين حيوانات التجارب ونظراً لميل الزئبق المعدني للذوبان في الدهون فإن ما تأخذه أجنة الفئران الكبيرة من الزئبق المعدني يصل إلى ١٠-٤٠ مرة أعلى مما ينفذ إليها من أملاح الزئبق الغير عضوية بالإضافة إلى أن تركيز مركبات الكيل الزئبق في الأجنة تكون ضعف ما يوجد في أنسجة أمهاتهن بينما يصل مستوى مثيل الزئبق إلى ٣٠% في خلايا الدم الحمراء مقارنة بمثيلاتها بالأمهات وبالرغم من أن لبن الأمهات يحتوى على نسبة بسيطة من تركيز الزئبق تصل إلى ٥% فقط إلا أن تعرض الفئران حديثة الولادة يزداد بالرضاعة .

التحول الحيوي والإخراج (Metabolic Transformation & Excretion) :

يتأكسد الزئبق المعدني بعد امتصاصه في أنسجة الجسم إلى زئبق ثنائي الرابطة كذلك فإن بخار الزئبق الذي يستنشق الكائن الحي ويمتص في خلايا الدم الحمراء يتحول لزئبق ثنائي الرابطة بينما يتحول مثيل الزئبق لمركبات الزئبق الثنائية الرابطة وذلك بكسر الرابطة بين الكربون والزئبق ، ولا يوجد أي دليل على تكوين زئبق عضوي بأنسجة الثدييات فمركبات الأريل تتحول إلى زئبق غير عضوي بصورة أسرع مما يحدث بمركبات الألكيل ذات السلسلة القصيرة . وقد وجد أن فترة نصف الوقت الحيوي لميثيل الزئبق حوالي ٧٠ يوماً والنسبة لأملاح الزئبق الغير عضوية ٤٠ يوماً في حين تكون بالنسبة للزئبق المعدني أو بخاره ٣٥ - ٩٠ يوماً .

التمثيل الخلوي للزئبق (Cellular Metabolism) :

قد يرتبط الزئبق داخل الخلايا بعديد من النظم الإنزيمية بالميكروسومات والميتوكوندريا مسببا ضررا غير محدد أو موت الخلايا لعمله الشديد إلى الارتباط بمجاميع سلفهيدريل فيكون ميثيل الزئبق مركبات معقدة وذائبة مع السيستئين والجلوتاثيون في خلايا الكبد ومنها إلى الحوصلة المرارية ثم يعاد امتصاصها بواسطة الجهاز الهضمي .

ومركبات الزئبق العضوية السائلة تمتص في الأجزاء والأغشية القريبة وترتبط مع مستقبلات خاصة فتنبط انتقال الصوديوم وعند كسر الرابطة بين الكربون والزنك في الزئبق العضوي ينساب الزئبق الأيوني الغير عضوي .

ويحدث الزئبق (Mercuric mercury) على تكوين وتخليق الثيونين المعدني (Metallothionein) بخلايا الكلى ويختلف عن الكادميوم المعدني (Cadmium-metallothionein) بأن ليس له فترة نصف عمر بيولوجي طويلة ويتركز في ليسوسومات الخلايا الكلوية .

سمية بخار الزئبق :

قد يحدث إستنشاق بخار الزئبق تآكل في الشعب الرئوية والرئة مصحوبة بارتجاجات في الجهاز العصبي المركزي إذا لم تحدث الوفاة أما التعرض المزمن فيؤدي لظهور أعراض أساسية بالجهاز العصبي المركزي. والأعراض الأولية عند التعرض لبخار الزئبق تكون غير متخصصة وتسمى بالأعراض الخضرية الواهنة (Asthenic-vegetative syndromes) أو الزئبقية الدقيقة (Micro mercurialism) مع وجود أعراض الوهن العصبي بالإضافة إلى ثلاثة أو أكثر من الصفات الإكلينيكية مثل الرجفة وتضخم الغدة الدرقية وزيادة أخذ اليود المشع بالغدة الدرقية ونبض متذبذب منخفض (Tachycardia) و (Dermographism) والتسهاب في اللثة وزيادة الروال (Gingivitis) وتغيرات بالدم وزيادة في إفراز الزئبق في البول ومع زيادة التعرض تصبح الأعراض أكثر وضوحا بدءا بارتجاج عضلات الأصابع وجفون العين والشفاه وإنهاء بحركات مرتعشة ثائرة في الأطراف

مصحوبة بتغيرات في الشخصية والسلوك مع فقد الذاكرة وإحباط شديد وقد يصل للهوسة .

٣- تلوث الهواء الجوي بأبخرة النيكل Air Nickel Fumes Pollution

يتم تلوث الهواء الجوي بأبخرة النيكل المتصاعدة من مداخن مصانع تنقية المعادن ومصانع الطلاء الكهربائي كذلك أبخرة كربو نيل النيكل ($Ni CO_3$) أو تصاعد غباره عند التنقية كذلك من مداخن مصانع عمل السبائك المختلفة أو بآثرية مسحوق النيكل المستخدم كعامل مساعد فسي كثير من التفاعلات الكيميائية كدرجة الزيوت لعمل الدهون الصلبة أيضا مداخن مصانع البطاريات والساعات لطلاء المينا .

يحتوي الجسم على ١,٦ - ٢٥ ميكروجرام خاصة مع أحماض النواة ومصل الدم وفي صورة بروتين معدني (Nicklo plasmin) وينشط النيكل بعض الإنزيمات في الجسم مثل الثيروزسينيز كواتريم (أ) سينثينيز ودي أوكسي ماريونيوكليز والتريسن والأرجنيز .

زيادة تركيز النيكل بالجسم يؤدي لظهور الأعراض كالتالي حمراء بين الأصابع مع أكلان والم وتورم خاصة بالجو الحار وقد تمتد للرسم والساعدين والصدر والوجه ثم تقيح وتقرحات وإفرازات بها كما يلاحظ طعم معدني بالفم مع فقد النشاط البدني والعقلي تدريجيا زيادة تركيزه في حين أن نقصه يؤدي لتخلف النمو وقهر الدم وضعف النكاث وزيادة نسبية الوفيات وقصور بالكبد لضعف عمليات الأكسدة فينخفض مستوى الجلوكوز - ٦ فوسفات والمالات والأيزوسيترات .

٤- تلوث الهواء الجوي بالكاديوم Air Cadmium Fumes Pollution

ويستعمل الكاديوم أساسا في جلفنة الأسطح والطلاء الكهربائي نظرا لصفاته التي لا تחדش (Non corrosive) كذلك يدخل فسي تكوين الدهانات والبلاستيك بالإضافة لاستعماله كمادة للقطب الموجب في بطاريات النيكل -

والكاديوم كما يعتبر الكاديوم ناتج ثانوي من المناجم وصهر الزنك والرصاص والتي تكون المصدر الأساسي للتلوث البيئي فيتواجد بمعدل ٠,٠٥ ميكروجرام / م^٣ ويحتوى الهواء في الأماكن الغير ملوثة على ما يقرب من ٠,٠١ ميكروجرام / م^٣ في حين تحتوى اللحوم والسّمك والفاكهة على ٥٠ ميكروجرام / كجم أما الحبوب فتحتوى على ١٠ - ١٥٠ ميكروجرام / كجم وأكثر أعضاء الحيوان احتواء على معدن الكاديوم هي الكبد والكلى بينما تشكل الأصداف البحرية المصدر الأعظم منه فتصل ١٠٠-١٠٠٠ ميكروجرام / كجم حيث تمتص من المياه التي تتواجد بها ثم تمسكه مع البيبتيدات وتقدر الكمية اليومية التي تدخل جسم الإنسان من الغذاء والماء والهواء في أمريكا الشمالية وأوروبا بحوالي ١٠ - ٤٠ ميكروجرام ويصل ما يمتص منه عن طريق الجهاز التنفّس إلى ١٥-٣٠% بأماكن التعرض المهني بينما الأفراد الذين لا يتعاملون معه مهنيًا يصل لهم عن طريق السجائر والدخان فتحتوى السجارة على ١-٢ ميكروجرام يستنشّق منه أثناء التدخين ٠,١-٠,٢ ميكروجرام . ويقوم النبات بامتصاصه أكثر من أي معدن آخر وهناك عوامل عديدة تساعد على تواجده في التربة من أهمها ما يتساقط من الهواء (Fallout) والموجود في مياه الري بالإضافة لمخصبات الفوسفات والمحتوية عادة على ٢٠ ملليجرام / كجم هذا علاوة على الرواسب الطينية فيحتوى على ١٥٠٠ ملليجرام / كجم مادة الجافة .

فقد وجد أن الفئران الكبيرة والصغيرة التي عولمت بتركيز ١٠٠ جزء في المليون في ماء الشرب أثناء فترة الحمل قد أدى إلى تركيزه في المشيمة مع قلة مستويات الزنك في الأجنة . وقد يرجع سبب ذلك لحث المعدن على الارتباط مع البروتينات المعدنية بأنسجة الأم والمشية على السواء وينتقل ببطيء من الأم إلى جنين الفئران الكبيرة مع ظهور تركيزات عالية في المشيمة عما في كل من أنسجة الأم والجنين نتيجة لاحتفاظ الميثونين المعدني بأنسجة الأم والمشيمة فيقل نقلة للجنين فيعتبر الكاديوم عنصر سام للمشيمة في الحيوانات المتعرضة لجرعة حادة تحت الجلد ٢٠ نانومول فتحدث نزيف في الكلى وغدة الأدرينالين بالفئران الكبيرة الحامل مع حدوث موت موضعي في المشيمة مصحوبة بموت كل من الأم والجنين فسمية المشيمة مسؤولة عن موت أجنة الفئران الكبيرة عند معاملةها باليوم الثامن عشر من الحمل حيث تعمل المشيمة على تراكم الكاديوم كوعاء يقوم بمنع حركته إلى الجنين

ويكون ضار جداً له بالرغم من أن المشيمة تأتي في المرتبة الثانية بعد الكبد في وجود هذا المعدن بها فيحدث التسمم موت موضعي وبالتالي طرد الجنين. أما بالنسبة للإنسان إن لم يكن من المدخنين فيكون تعرضه عن طريق الغذاء لتلوث الحبوب والأصداف البحرية وكبد وكي الحيوانات الملوثة بالكادميوم والأخيرة يكون بها أعلى تركيز فتركيزه بدم البالغين والذين لم يتعرضوا له عادة لا تزيد عن 1 ميكروجرام /DL .

وتدخين السجائر هو المنبع الأساسي لتعرض الأمهات بما يعادل 10-30 % استنشاقه وامتصاصه ويؤدي لصغر حجم الأطفال حديثي الولادة مع وجود تكلس في المشيمة .

ويوجد اتجاهين أساسين لسمية المشيمة :

- الأول هو السمية المباشرة للتعرض له
 - الثاني هو عملية الدفاع الخلوي في المشيمة لمنع حدوث السمية
- فبعض هذه العمليات في الاستجابة أو الدفاع تتغير مثل نقص نقل الأحماض الأمينية أو الانخفاض في نشاط إنزيمات :

- إنزيم سكسينيك ديهيدروجينيز (Succinate dehydrogenase)
- جلوكوز-6-ديهيدروجينيز (Glucose-6-dehydrogenase)
- جلوتاثيون بيروأكسيداز (Glutathione peroxidase)

كل هذا مع التغير في البناء الدقيق (Ultrastructure) للمشيمة ومن وسائل الدفاع الخلوية للمشيمة أن كل من جزيئات الجلوتاثيون والمثيونين المعدني لهما ميل للارتباط مع الكادميوم فيصبح الكادميوم المرتبط غير سام بالنسبة للمشيمة كما تستطيع المشيمة تخليق الجلوتاثيون بينما يتواجد إنزيم جلوتاثيون بيروأكسيداز (Glutathione peroxidase) في الخلايا وخارجها مما يعمل على عدم تسممها به لإنتاج ناتج التمثيل الغذائي (ketoprostaglandin-6) لمادة Prostacyclin

وعند تواجد مادة المثيونين المعدني خارج الخلايا كبروتين غنى بالسيسثيين ذو ستة مواقع للارتباط بالمعادن و يعمل على حماية الخلايا من سمية المعادن أما عند تركيزه في النواة فإنه يساعد على حماية حمض الديوكسي نيوكليك من تأثير عملية الأكسدة .

حركية السمية (Toxicokinetics) :

يعتبر امتصاص الكاديوم عن طريق الجهاز الهضمي قليل نسبياً (٥-٨ %) إذا ما قورن بالامتصاص عن طريق الجهاز التنفسي ويكون الامتصاص أعلى عندما يقل محتوى الغذاء من الكالسيوم والحديد مع قلة البروتين فيعمل نقص الكالسيوم الغذائي على حث تخليق الكالسيوم المرتبط مع البروتين وهذا بدوره يسرع من امتصاص الكاديوم . فالنساء ذات مستوى الفريتين المنخفض يتضاعف عندها الامتصاص الطبيعي لمعدن الكاديوم أما وجود الزنك فيعمل على خفض امتصاصه نتيجة الحث على إنتاج الميثيونين المعدني .

وينتقل خلال الجسم عن طريق الدم يارتباطه بكرات الدم الحمراء وجزئيات البروتين عالية الوزن الجزيئي خاصة ألبومين البلازما وقد ينتقل جزء بسيط منه بواسطة الميثيونين المعدني . ويصل مستواه في دم الإنسان البالغ قليل التعرض له لأقل من ١ ميكروجرام / dl بينما بحديثي الولادة أقل من واحد ملليجرام بالجسم فالمشيمة تقوم بتخليق الميثيونين المعدني كحاجز يمنع وصول الكاديوم من الأم للجنين أما إذا كان تعرض الأم مرتفع فتكون النتيجة وصوله للجنين . ولا يتعدى ١ ميكروجرام لكل كيلو جرام من لبن الأمهات في الإنسان والأبقار ويستمر وجوده في جسم الكائن الحي لعدة سنين ويتراكم أساساً في الأنسجة الرخوة خاصة الكلى .

السمية الحادة (Acute toxicity) :

تحدث السمية الحادة نتيجة تعرض الجهاز الهضمي لتركيزات عالية منه في المشروبات (١٦ ملليجرام / لتر) والأغذية الملوثة بينما استنشاق أبخرة ملوثة به تؤدي لالتهاب رئوي وتليف الرئة أما عند التعرض لتركيزات قليلة فتتلخص الأعراض المزمنة في أمراض رئوية وتورم بالجسم مع قصور مزمن بالجهاز البولي وتظهر تأثيرات بالأوعية الدموية والهيكل العظمي .

تأثيره المزمن لأمراض الرئة (Chronic Pulmonary disease) :

تتوقف السمية على الوقت ومستوى التعرض وترجع عدم كفاءة الرئة في القيام بوظيفتها إلى الالتهابات الشعبية وتقدم التليف خاصة بالجزء السفلي

والتي تؤدي بدورها (Emphysema) مما يؤدي في النهاية إلى صعوبة التنفس وقصور بكفاءة الرئة فتتרחات وموت موضعي وتتفرد الإنزيمات ولا يمكن إصلاح الضرر الذي يلحق بالغشاء القاعدي للحويصلات الهوائية كذلك فقد يؤدي لنقص في نشاط (1-antitrypsin) وربما ذلك هو سبب التسمم الرئوي .

تأثيره على سمية النفرونيات (Cadmium Nephrotoxicity) :
تحدث السمية بالأنتايب البولية القريبة فيزداد ظهور معدن الكاديوم والبروتين (Proteinuria) والأحماض الأمينية (Amino aciduria) و الجلوكوز (Glucosuria) والبرولين في البول مع انخفاض في إعادة امتصاص الفوسفات .

ويصل مستوى تركيز الكاديوم الحرج في قشرة الكلى (Renal cortex) والذي ينتج قصور في الجهاز البولي في 10% من الأفراد إلى 200 ميكروجرام/جرام بينما يصل 300 ملليجرام/جرام في 50% من الأفراد ويتبع مستوى الكاديوم في كل من الكبد والكلى نمط موحد فيصل متوسط مهتواه بالكبد 60 ميكروجرام/جرام بينما يصل بالكلى إلى 300 ملليجرام / جم.

دور الميتالوثيونين في سمية الكاديوم
قد يحدث تراكم للكاديوم في الكلى دون حدوث أعراض سمية ظاهرة ويرجع السبب لتكوين مركب من الكاديوم والثيونين أو الميتالوثيونين ذو الوزن الجزيئي المنخفض ويتميز الميتالوثيونين بتكوينه من 30% من الحمض الأميني سيستئين (Cysteine) وغياب الأحماض الأمينية الأروماتية ومحتواه الكلى من الأحماض الأمينية يصل 61% . وعندما يتحدد معدن الكاديوم مع الميتالوثيونين يصبح غير سام حتى مستوى معين وبارتفاع مستواه عن الحد الحرج يصبح ساما والعوامل المحددة لمستواه منفرد أو مرتبطا مع الميتالوثيونين ليست واضحة تماما فاثبتت التجارب أن تكرار الحقن بجرعات منخفضة من الكاديوم والميتالوثيونين لمدة عدة أسابيع أدت لسمية مزمنة بالجهاز البولي لا يمكن الرجوع عنها كذلك وجد أن زرع كبدة من فئران تعرضت للتسمم به إلي فئران لم تتعرض له أدى لحدوث موت موضعي بجهازها البولي وهو ما يؤدي للاعتقاد بالانفراد البطيء لمركب الكاديوم والميتالوثيونين من الكبد المنزرعة والأنسجة الرخوة الأخرى وعليه

يصبح ساما في الجزء الطرفي للجهاز البولي بينما كلوريد الكاديوم ويتركيزات أعلى لا يحدث أي تسمم في نفس هذا الجزء .

انعكاسية تأثيراته البولية (The Reversibility of Renal effects) :
يحدث للأفراد المعرضة مهنيا لمعدن الكاديوم قصور فسي وظائف الأنابيب البولية ولا يرجع لحالته الطبيعية ويصاحبه مرور الوقت ارتفاع في كرياتينين الميرم مما يشير لحدوث مرض الكبيبات المتقدم (Glomerulopathy) حتى ولو أمكن عدم التعرض لهذا المعدن لمدة عشرة سنوات .

تأثيره على النظام الهيكلي (The skeletal System) :
تؤثر سمية الكاديوم على التمثيل الغذائي للكالسيوم فالأفراد المصابة بالقصور البولي تفرز كم مرتفع من الكالسيوم نتيجة زيادة فقد البول ولكن بحالات التعرض المزمن يقل إفراز الكالسيوم عن المستوى الطبيعي فالعغيرات التي تحدث في الهيكل العظمي قد تكون ذات علاقة بفقد الكالسيوم وتشمل ألم في العظام وتورمها (Osteomalacia) وقد يصاحب ذلك تنقبض (Osteoporosis) كأعراض ثانوية للتعرض إنما الأساس هو ما يحدث بالكلية .
كذلك فوجود (B₂-Microglobulin) ونسبة إعادة الامتصاص في الأنابيب البولية تشير لحدوث تأثيرات في العظام كنتيجة أساسية للاضطرابات في التمثيل الغذائي لفيتامين د وهرمون الباراثيرويد (Parathyroid) .
هذا بالإضافة إلى الاقتراح بأن وجود الكاديوم في خلايا الجزء الطرفي للأنابيب يؤدي لنقص في وظيفة هذه الخلايا يتبعها انخفاض تحويل (٢٥ OH) فيتامين د إلى فيتامين د (١,٢٥ OH) وهذه بالتالي تؤدي لانخفاض في امتصاص الكالسيوم مع نقص في التكوين المعدني للعظام والأخيرة تسبب الورم (Osteomalacia) .

تأثيره على الضغط والأوعية القلبية (Hypertension & Cardiovascular effects):
يعتبر معدن الكاديوم سببا هاما لارتفاع ضغط الدم في الأفراد المعرضون له خاصة أثناء الانقباض (Systole) وليس أثناء الانبساط (Diastole) أما في الفئران فوجد أن تأثيره يتلخص في :
• خفض للفوسفات ذو الطاقة المرتفعة والمخزنة بعضلات جدار القلب .

- خفض في الانكماش والإنبساط: مطاطية عضلة القلب (Myocardial) .
 - اختفاء الإثارة في نظام التوصيل بالقلب .
- وقد وجد أن للفران التي أضيف إلى غذائها النحاس والسيلينيوم والكاميوم أصيبت بانخفاض ملحوظ في إنزيمات :
- جلوتاثيون بيروكسيداز بسيتوسول القلب .
 - ديسموتاز (dismutase) .
 - سوپراأكسيداز (Saperoxidase)
 - كاتالاز (Catalase)
- مما يشير إلى أن ميتوكوندريا القلب هي المكان الذي يحدث بسببه التفرحات والضرر البيوكيميائي التي يسببها في عضلات جدار القلب .

تأثيره المسرطن (Carcinogenicity) :

وضعت الهيئة العالمية لأبحاث السرطان (International Agency for Research on Cancer) الكاديوم كمادة مسرطنة في كل من الرئة والبروستاتا بالأفراد المعرضة مهنيًا له خاصة المشتغلون بصناعة البطاريات الداخل في تكوينها النيكل والكاديوم أما في حيوانات التجارب فقد ثبت قوة الكاديوم كمادة مسرطنة فحقن الفران تحت الجلد بمركبات الكاديوم ككلوريد أو أكسيد أو فوسفات أو فوسفيد الكاديوم حيث تكونت أورام موضعية (Local sarcoma) .

٥- تلوث الهواء الجوي بالمنجنيز : Air - Manganese Pollution

يحدث تلوث الهواء الجوي بأبخرة المنجنيز المتصاعدة من مداخن أفران صهر المنجنيز أو عند إضافته منصهرًا للحديد بمصانع الحديد لمنع تكون أكاسيد وكبريتيدات الحديد وإعطائه الصلابة والمرونة في نفس الوقت . أو عند استخدامه في إزالة الألوان الناتجة من آثار الحديد بمصانع الزجاج حيث يقوم الزجاج (سيليكات المنجنيز) بإزالة اللون الأخضر والخاص بالحديد من الزجاج المنصهر ، كذلك ثبت أضراره من مصانع البطاريات والفخار والمطابع (كلوريد المنجنيز وسلفات المنجنيز) أو من استخدامه كمطهر أو عامل مؤكسد (برمنجيت البوتاسيوم) .

وعند استنشاق أبحرته ووصولها للدم تبدأ ظهور أعراض التسمم كاسترخاء (Relaxation) وميل للنوم وأرق وتشنجات بعضلات الأرجل مع عدم التحكم في الحركة أثناء السير مع ضعف وتصلب الأطراف وظهور حركات لاإرادية كرعشة بالأيدي والأرجل والجذع والرأس وانفراج الجسم كله للأمام أو الخلف وزيادة اللعب وانسيابه من القدم والضحك والبكاء الشديد مع ثورة وغضب ثم ضحك وهكذا . أما أعراض التسمم الحاد في صورة خرس وصعوبة في البلع وضعف جنسي .

وبالرغم من أهمية المنجنيز في تكلس الهيكل العظمي وضرورية تواجده في جميع الكائنات الحية فيدخل كعامل مساعد في عديد من التفاعلات الإنزيمية وخاصة في عملية الفسفرة والكوليسترول وتخليق الأحماض الدهنية إلا أنه يسبب نقص في توافق حركة العضلات الإرادية في الأجنة لحدوث تشوه بالأذن الداخلية بكثير من الحيوانات كالفئران الصغيرة والكبيرة وخنازير غنيا والكتاكت.

وبالرغم من تواجده في الهواء وفي معظم الموارد المائية إلا أن المهم هو أخذه مع الأغذية المختلفة كالخضراوات والجزء الخضري من الحبوب والفاكهة والمكسرات والشاي وبعض البهارات تكون غنية جدا به فيترواح متوسط ما يأخذه الإنسان يوميا ٢-٩ ملليجرام وتمتص القناة الهضمية ٥٠% وينتقل المنجنيز في البلازما مرتبطا مع (B₁-globulin) ويعتقد أنه ترانسفريتين ثم يتوزع بأنحاء الجسم ويتركز في الميتوكوندريا خاصة بالبنكرياس والكبد والكلية والأمعاء أعلى الأنسجة احتواء عليه .

ويعتبر نصف عمره في الجسم هو ٣٧ يوما . ويخترق المنجنيز بسهولة الحاجز الدموي المخي ونصف الوقت الذي يتواجد في الدم يكون أطول من نظيره في أنسجة الجسم كلها .

وطريق الإخراج الأساسي هو البراز نتيجة لإزالته في الحويصلة المرارية ثم إعادة امتصاصه بالأمعاء مما يشير إلى أن الكبد ونظام الجهاز الهضمي لها دورا هاما في إخراج ما يزيد عن حاجة الجسم وعليه تقل السمية الجهازية عند التعرض عن طريق القدم أو الجلد .

ويستخدم المنجنيز في عمل سبائك الحديد الصلب والبطاريات الجافة وأسلاك الكهرباء والسيراميك والكبريت والزجاج والأصبغ والمخصبات بالإضافة إلى أعده اللحام والمواد المؤكسدة علاوة على إضافتها إلى غذاء الحيوانات فالتعرض الصناعي السام عن طريق الاستنشاق ويكون المنجنيز بصورة ثنائي الأكسيد وخاصة في المناجم يسبب نوعين من الأعراض :

• الأولى : التعرض الحاد والمميب لالتهابات رئوية تصل بالأشخاص المهنيين إلى ٣٠ مره أكثر مما يتعرض له الأشخاص الطبيعيين ويسودى إلى وجود تهتكان في طبقة خلايا الإبيثيلوم بالجهاز التنفسي يتبعها ترايد للأنوية الوحيدة (Mononuclear proliferation)

• الثانية : أكثر خطورة لحدوث الأمراض نتيجة التعرض المزمن واستنشاق ثاني أكسيد المنجنيز لمدة تزيد عن سنتين وتشمل هذه الأعراض الجهاز العصبي المركزي وعدم الاتزان مصحوبة بعدم القدرة على المشي وإضرابات في الكلام وسلوكيات إجبارية قد تصل إلى الجري والعراك والغناء فإذا ما استمرت تتكون أعراض (Parkinson like Syndrome) . يؤدي زيادة امتصاص المنجنيز بطريق الفم إلى نقص شديد في الحديد مرجعه اختلاف الحساسية بين الأفراد .

كما يحدث تلوث الهواء الجوي بأبخرة الكاديوم الناتجة من أكسده بالهواء أو عند تفاعله البطيء مع بخار الماء وفي الجو المحيط بمدخن المصانع الخاصة بالسبائك أو عند اللحام بأسياخ الحديد كذلك مصانع البطاريات والطلاء كمانع للصدأ بالررش أو الترسيب الكهربى أو أثناء طلاء المنشآت المعدنية بلون فضي لامع وأماكن استخراج (Zinc ores) والمناجم كما يستخدم في قضبان التحكم في المفاعلات الذرية ومادة PVC .

يؤدي استنشاق الهواء الملوث بأبخرة الكاديوم لإثارة الأغشية المخاطية المبطنة للقناة التنفسية والحلق مما يؤدي لسعال متكرر وتهيج أنسجة العين وزيادته عن الحد المسموح به تؤدي لجفاف الحلق وصداع وغثيان وقىئ وإسهال ودوار وهبوط في القلب مع ارتفاع حرارة الجسم ورعشة وتنسهي بتورم مع اختناق يؤدي الموت .

التعرض المتكرر (Repeated Exposure) يؤدي إلى توتر شديد وموت مبكر أما التسمم المزمن فيكون بصورة انتفاخ بالرئة وتهيج مستمر بالأنف والحنك .
وفقد حاسة الشم وتلف العظام (مرض Eti-Eti) .

يتخلص الجسم من الزيادة منه بإفرازه بالبول عن طريق الكليتين ويصاحب إفراز زلال ذو وزن جزيئي منخفض (يترسب في البول بحمض نراي كلوروأستيك أو سلفوتيليك) كدليل على التسمم المزمن بالبول .
وتعرض الكروموسومات له يؤدي لتشوهات تنتهي بسرطان الرئة .

يعد تواجد في البيئة كملوث خطر على البيئة لسهولة امتصاصه بكمير من النباتات والحيوانات وتركيزات عالية ويتركز بأنسجتها ، كما يتداخل مع البروتينات ذات الوزن الجزيئي المنخفض والميتالوثيونين فيتراكم بالكبد والكلى والأعضاء التناسلية .

٦- تلوث الهواء الجوي بالزرنيخ : Air - Arsenic Pollution

يتلوث الهواء الجوي بأبخرة (Fumes) ، وغبار (Dusts) الزرنيخ الغير عضوي أو بغاز الأرسين (هيدريد الزرنيخ) أو غبار المواد الزرنيقية العضوية ، كذلك جزيئات السموم الزرنيقية الزراعية (كمبيدات الحشرات والأعشاب والحشرات مثل زرنخيت أو زرنخات الرصاص أو الكالسيوم وثيو وزرنخات النحاس أو جسيمات ثالث وخامس أكسيد الزرنيخ والمستخدم في دباغة الجلود الحيوانية وقاية الأخشاب أو كمطهرات للمواشي والأغنام أو مواد الدهان (زرنخ ورصاص منصهر) كما يستخدم في رفع مساواة الفلزات وصناعة السبائك ويتأكسد لأنتريد الزرنيخ المستخدم كمادة أولية لإنتاج العديد من المركبات الزرنيقية الأخرى والحد الأقصى المسموح بتواجد في الهواء (MACwz) هو ٠,٠٠٠٥ مللجرام / م^٣ هواء (٥ مللجرام / م^٣ هواء) .

توجد عدة أشكال للزرنيخ فهو من أصعب المعادن للتعرف عليه نتيجة لكونه معقد كيميائياً فيوجد منه مركبات عديدة ثلاثية التكافؤ كثالث أكسيد الزرنيخ و زرنيخيت الصوديوم و ثالث كلوريد الزرنيخ أو خماسي التكافؤ مثل خامس أكسيد الزرنيخ و زرنيخات الرصاص وزرنيخات الكالسيوم . كذلك المركبات الزرنيخية العضوية فقد تكون ثلاثية أو خماسية التكافؤ أو قد تتولد كنتيجة لعملية الميثلة الحيوية (Biomethylation) بواسطة كائنات التربة والمياه العذبة ومياه البحار . وينتشر توزيعه في أرجاء عديدة من الطبيعة ففي البيئة يكون الزرنيخ خماسياً إلا تحت بعض الظروف المختزلة مثل ماء الآبار العميقة حيث قد يتواجد الزرنيخ ثلاثياً .

ويثبت وينفرد الزرنيخ الغير عضوي للبيئة من عدة منابع (Anthropogenic) تتضمن الصهر الأولي لمعادن النحاس والزنك والرصاص بالإضافة إلى صناعة الزجاج حيث يضاف الزرنيخ للمواد الخام فقد وجد أن تركيزه في هواء المناطق القريبة من أماكن صناعة النحاس قد وصلت خلال ٢٤ ساعة إلى ١ ميكروجرام/ متر^٣ بينما في الأماكن البعيدة لم يتعدى ٠,١ ميكروجرام/ متر^٣ أما بمياه الشرب فيتراوح بين ٥ - ٥٠ ميكروجرام / لتر وقد يزداد تركيزه بمياه الشرب من العيون المعدنية الطبيعية فوصل باليابان ١,٧ ملليجرام /لتر بينما في غر ناطة والأرجنتين يصل التركيز إلى ٣,٤ ملليجرام وبالأبار الارتوازية إلى ١,٨ ملليجرام / لتر . كذلك يحتوي الغذاء مثل اللحوم والخضراوات على مستوى معين من الزرنيخ ففي الولايات المتحدة يحتوى الغذاء اليومي عادة على ٠,٠٤ ملليجرام /يوم في حين قد يصل إلى ٠,٢ ملليجرام/ يوم عند احتواء الغذاء على أغذية بحرية (الأصداف).

وعموماً فإن مجموع ما يحصل عليه الإنسان يومياً عند التعرض الصناعي عادة لا يصل إلى ٠,٣ ملليجرام وكما سبق يتعرض الإنسان للزرنيخ عن طريق الماء أو الغذاء [الأصداف حيث تحتوى على كمية كبيرة منة في صورة مركبات عضوية كأحماض الميثيل والسداي ميثيل زرنيخ بالإضافة إلى بيتامين و كولين و فوسفوليبيدات الزرنيش (Arsenobetaine & Arsonium phospholipids) وقد يحدث التعرض للزرنيخ خلال التدخين بالرغم من أنه في الآونة الأخيرة انخفض محتوى الزرنيش بنبات

الدخان كذلك يحدث التعرض للعمال المشتغلين بصناعة المعادن وإنتاج المبيدات المحتوية على الزرنيخ علاوة على احتواء بعض العقاقير عليه . ويمتص الزرنيخ عادة خلال الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي بينما تفرز معظم الجرعة في البول في حدود يومين ونظر لسرعة تخلص الجسم منه فإن مستواه في الدم يشير إلى التعرض الحديث فلا يصل تواجهه فسي الدم لحالة ثابتة إطلاقاً .

وقد لوحظت تأثيراته الضارة بكثير من النظم العضوية بما فيها الجلد مسببا السرطان عند التعرض له بطريق الفم والجهاز التنفسي مسببا سرطان الرئة كذلك تأثيراته في كل من الجهاز الهضمي والعصبي والقلب ومحتوى الدم بالإضافة لحدوث كسور في الكروموسومات ولكنه لا يؤدي لحدوث طفرات (Point mutations) كما يؤثر على الجينات التي تنظم نمو الخلية وبطريقة غير مباشرة يؤدي لحدوث السرطان ووجود الزرنيخ في الماء بمعدل ٢٠٠ ميكروجرام / لتر/ سنة في البنغال أحدث (Hyper & Hypo pigmentation) وزيادة القرنية (Hyperkeratosis) بالكفين وبطن القدمين .

وينفذ معدن الزرنيخ خلال المشيمة ويحدث تشوهات في كل من الجنين والفران الصغيرة حيث كان مثيل الزرنيخ أقل في تأثيره التشوهي عن الزرنيخ الغير عضوي في حين كان الزرنيخ الثلاثي أكثر قوة في أحداث التشوهات عن الزرنيخ الخماسي نتيجة لاختلاف السمية بينهما وليس لاختلاف حركية المشيمة (Pharmacodynamic) فينفذ معدن الزرنيخ خلال المشيمة بالأمهات الحامل واحتواء كبد ومخ الجنين على حوالي ٠,٧٤ ، ٠,١٥ ، ٠,٢٢ ، ٠,٢٢ ملليجرام على التوالي من ثالث أكسيد الزرنيخ / ١٠٠ جرام أنسجة الرطبة . كذلك حدث كثير من التشوهات في الأطفال حديثي الولادة مع زيادة في الشذوذ الكروموسومي لعاملات تعرضن لتركيز عال بمصنع للنحاس بالسويد بينما حدث إجهاض لعدد كبير من النساء المتواجدة على بعد ٥٠ كم من هذا المصنع وزيادة حدوث التشوهات وتكرار الإجهاض نتيجة التعرض يرجع لضرر وراثي مصحوب بأضرار في وظيفة المشيمة.

حركية السمية (Toxicokinetics) :

يكون الزرنيخ بالهواء أساسا في صورة أكسيد زرنيخ ويتوقف ترسيبه وامتصاصه بواسطة الرئة على حجم الجزيئات وشكلها الكيميائي فإعطاء

الفئران الصغيرة زرنينخ مشع سواء أكان ثلاثي أو خماسي التكافؤ عن طريق الفم خرج منه ٦-٩% عن طريق البراز مما يدل على حدوث امتصاص كامل تقريبا عن طريق القناة الهضمية. ويحدث امتصاص كامل تقريبا للزرنينخ الثلاثي أو الخماسي التكافؤ مع إفرازه أساسا عن طريق البول بينما نصف العمر البيولوجي للزرنينخ الغير عضوي المهضوم حوالي ١٠ ساعات ويفرز ٥٠-٨٠% منه بطريق البول خلال ثلاثة أيام في حين يمثل الزرنينخ يستغرق ٣٠ ساعة لإفرازه أو لإخراجه .

ويعتبر الزرنينخ محب للجلد حيث يمكن إزالته منه في هيئة قشور أو فسي صورة عرق غزير كذلك يتركز في الشعر وبالأظافر يكون بصورة أشربة بيضاء مستعرضة (Mees lines) تظهر بعد أسابيع من التعرض .

واستنشاق الهواء الملوث به ووصوله لداخل الجهاز التنفسي يؤدي لتتهيج الأنسجة المخاطية المبطنة للمجاري التنفسية والفم وباستمرار مع زيادة المحتوى الرطوبي يؤدي لظهور بقع بنية صغيرة بالجلد خاصة بجائبي الوجه والجفون والرقبة ثم تمتد لجلد البطن أو الظهر وقد تتعفن وتؤدي لوكزيما في التئيات الرطبة بالجسم . استمرار ترسبه بالأنف يؤدي لتآكل الحاجز الأنفي ويصاحب ذلك تورم سرطاني لذا تزداد الإصابة مع العمال كثيري العسرق . تبدأ الأعراض السامة بقيء (Vomiting) وإسهال (Diarrhea) وآم حادة وحرقة بالمرء مع رعشة وعرق وحى وصداع وعدم انتظام ضربات القلب واضطراب عصبي وضعف حسي بالأطراف وعند وصوله لتيار الدم يؤدي لتكسير الكرات الدموية مما يؤدي بدورة فقر دم ويترسب بأنسجة الجسم والجلد والشعر والأظافر . أما التسمم المزمن فيظهر في صورة مرض Herpes بالجلد مع تشمع الكبد والكلى وتلف الشعيرات الدموية وسبولة للعلب (Salivation) وفقدان الشهية والقيء وآم حادة في الجهاز الهضمي مع إسهال والتهاب الأغشية الأنف واللثة مع عطس متواصل وانتشار التقرحات الجادية ويأخذ الجلد اللون الرمادي .

يطرد الزرنينخ خارج الجسم في البول أو يخزن بالأظافر والشعر كما يوجد بقلّة في الدم والأنسجة والعظام .

التحول الحيوي داخل الجسم (Bio transformation In- Vivo) :
يتحول الزرنيخ الغير عضوي داخل الجسم الكائنات بواسطة عملية ميثلة
إلى مونو أو داي ميثيل الزرنيخ والناتج الأخير أساس التحول الحيوي كعملية
هم للسمية (Detoxification) للصور الغير عضوية والأكثر سمية فهذا الناتج
يتكون بسرعة ويزال عن طريق الإخراج بسرعة أيضا . وأحيانا يكون
التعرض يفوق معدل تحوله حيويا فتحدث السمية لذا يجب أن نضع في
الاعتبار العلاقة بين الجرعة السامة والاستجابة لمثل هذه الصور الغير
عضوية في ضوء المعرفة بالتحول البيولوجي .

تفاعلات الأكسدة والاختزال لصور الزرنيخ الغير عضوي :
تختزل صور الزرنيخ الخماسي التكاثر ويتحول حيويًا لثالث أكسيد
الزرنيخ وحيث أن عملية ميثلة الزرنيخ الخماسي عملية اختزال فيعتقد أن
لاختزال الزرنيخ داخل الجسم علاقة بحدوث عملية الميثلة الحيوية أما عند
أخذه بالخلايا الكبدية للفئران الكبيرة وجد أن عملية الميثلة نتجت عن استخدام
الزرنيخ ثلاثي التكاثر بينما لم يحدث أي اختزال مع الزرنيخ الخماسي وعليه
أقترح أن الزرنيخ الخماسي يجب وأن يتحول أولا إلى ثلاثي قبل أن يحدث
له ميثلة . أما الزرنيخ الثلاثي الغير عضوي فيتأكسد في وجود الماء
المتحرك وتلعب درجة حموضة المحاليل دورا فعالا في ثبات الزرنيخ بغض
النظر عن كونه ثلاثيا أو خماسيا ويتأكسد الزرنيخ الثلاثي أسرع في المحاليل
القاعدية عنه في الحامضية في حين الزرنيخ الخماسي يعتبر ثابتا في كلاهما
في حين يحدث له اختزال في درجات الحموضة المنخفضة .

تأثيراته الخلوي (Cellular effects) :
مركبات الزرنيخ ثلاثية التكاثر هي الشكل الأساسي السام بينما ذات
التكاثر الخماسي يكون لها تأثير بسيط على نشاط الإنزيمات . وتتغير النظم
الإنزيمية وكثير من البروتينات المحتوية على الكبريت (Sulfhydryl) عند
تعرضها للزرنيخ ويرجع ذلك إلى طبيعتها عند إضافة كم زائد من مركب
محتويا على كبريت كاستخدام الجلوتاثيون هذا ويمكن إعادة الإنزيمات

المحتوية على مجموعتين من الكبريت إلى نشاطها الطبيعي بإضافة المركبات المحتوية على ذرتين كبريت مثل مركب (٣,٤ : dimercaptopropanol BAL) وليس المركبات المحتوية على ذرة واحدة .

والزرنين ذو تأثير فعال على ميتوكوندريا الإنزيمات ويمنع تنفس الأنسجة وهو ما يشير لحث سمية خلوية بواسطة الزرنين . أما الميتوكوندريا فتعمل على تجميع الزرنين في حين تعمل المواد المرتبطة مع المرافق الإنزيمي نيكوتين أدينين داي نيوكليوتيد والتي تكون حساسة جدا للزرنين على التدخل في عملية التنفس ويعتقد أن هذه المواد الحساسة تتكون نتيجة تفاعل أيون الزرنين مع العامل المساعد (Co factor) لحمض (Dihydrolipoic acid) الضروري تواجده لأكسدة مادة التفاعل .

ويعمل الزرنين على تثبيط نشاط إنزيم سكسينيك ديهيدروجينيز ويقوم بفسك ازدواج الفسفرة التأكسدية (Oxidative phosphorylation) ويؤدي لحث نشاط إنزيم (Mitochondrial ATP ase) فهناك اقتراح بأن الزرنين يعمل على تثبيط وظائف الطاقة للميتوكوندريا عن طريقين :

- ♦ طريق التنافس مع الفوسفات أثناء عملية Oxidative Phosphorylation
 - ♦ تثبيط الطاقة المرتبطة باختزال المرافق نيكوتين أميد داي نيوكليوتيد .
- كذلك تحث مركبات الزرنين على تكوين الثيونين المعدني (Metallothionein) في الكائنات الحية وتتوقف قدرته على تجهيزاته فيكون الثلاثي أكثر تأثيرا يليه الرباعي ثم الزرنين أحادي الميثيل ثم الزرنين ثنائي الميثيل .

السمية (Toxicity) :

يؤدي ابتلاع جرعة مرتفعة من الزرنين ٧٠-١٨٠ ملليجرام إلى الوفاة وتتلخص الأعراض الحادة التي بنهايتها الموت في درجة حرارة مرتفعة وضيق في التنفس أو اختناق وكبر حجم الكبد مع التلون الفائق للجسم (Melanosis) مع تغيرات في رسم القلب الكهربائي وانعدام الحساسية في الجهاز العصبي الطرفي خلال ١-٢ أسبوع من التعرض لجرعات عالية فتتآكل جدر المحاور والتي يمكن التخلص منها إذا ما أوقف التعرض للزرنين ويتعرض الكائن لجرعة مرتفعة مرة واحدة تنتج رعشة مع فقد الأعضاء الحركية لوظيفتها .

ويسبب التعرض المزمن لمركبات الزرنيخ غير العضوي تسمم العصبي سواء الجهاز العصبي المركزي أو الطرفي وتبدأ بتغيرات في درجة الحساسية مع التمثيل (Paresthesia) وضعف في العضلات يبدأ من الجزء القريب ويتقدم حتى الوصول للجزء البعيد الطرفي ويحدث التعرض للمزمن أضرار بالغة بالكبد بداية بمرض الصفراء (Jaundice) وقد يمتد ليصل لحالة التليف (Cirrhosis) أو استمقاء البطن (Ascites) نتيجة تسمم خلايا برانشيمية الكبد وترتفع إنزيمات الكبد بالدم مع حدوث تحبيب وتغير في التركيب الدقيق للميتوكوندريا مصحوبة بأضرار خلوية غير محددة و فقد للجيليوكوجين .

تأثيره المسرطن (Carcinogenicity) :

أدرج ضمن المركبات التي تحدث السرطان فالتعرض المزمن يؤدي لمسلسلة من التغيرات بطبقة إيبينيلم الجلد مؤديا إلى حدوث تلويين ومنتهيا بحدوث فرط قرنية (Hyper keratosis) وتظهر هستولوجيا كنموات دموية ذات طبيعة صلبة (Verrucose) مع إعادة ترتيب الخلايا الحرشفية لطبقة الإيبينيلم أو خلايا الورم ذو الطبيعة الحرشفية .

وقد يتواجد نوعين من خلايا سرطان الجلد يسببها الزرنيخ وهى:

- خلايا السرطان القاعدية ويكون دائما محلى
- الخلايا الحرشفية السرطانية التي تنشأ من الأماكن القرنية (Keratoic) ويمتد سريانه من مكان لآخر .

ويختلف سرطان الجلد الناجم من التعرض للزرنيخ عن النتائج من التعرض للأشعة فوق البنفسجية في كونه يحدث في أماكن من الجسم لا تتعرض لأشعة الشمس كالأنف وبطن القدم كتقرحات متعددة .

ولسرطان الرئة علاقة بالتعرض لهواء مشبع بالزرنيخ وتتراوح مدة الحث على تكوينه من التعرض وحتى ظهوره ٣٥-٤٠ سنة (تأثير مزمن) .
وهناك أورام تحدث في الأمعاء ذات علاقة بالتعرض للزرنيخ كورم الكبد (Hemangiosarcoma) وورم الغدد الليمفاوية (Lymphomas) وسرطان الدم (Leukemia) والأنف بلعومي والكلبي والمثانة .

تأثيره على الجهاز التناسلي والنشوء :
تؤدي الجرعات العالية من مركبات الزرنيخ الغير عضوية لحيوانات
التجارب الحامل لحدوث تشوهات مختلفة في الأجنة والنتاج حديث الولادة
متوقفاً ذلك على الوقت الذي أعطيت فيه الجرعات والطريق الذي تسلكه
بينما لم يتم ملاحظة مثل هذه الظواهر في الإنسان المعرض وظيفياً إلى
جرعات زائدة من مركبات الزرنيخ .

أما غاز الأرسين (Arsine) والمتولد تفاعل الأيدروجين مع الزرنيخ وكمنتج
ثانوي في عمليات تنقية المعادن فهو تأثير فعال على مكونات الدم محدثاً
دوخة وقيء وصعوبة في التنفس مع ألم بالرأس وقد يؤدي التعرض له
للموت أو يكون مصحوباً بفشل كلوي صفراء (أنيميا بالأفراد التي تنجو من
الموت).

لتقدير مدى تلوث الهواء بالزرنيخ يتم اختزاله ببرادة النحاس أو تسخن
ليتولد الزرنيخ ثم يعاير بطريقة (March) أو يتفاعل الأرسين مع نترات الفضة
(طريقة Gutzeit) أو مع ثاني كلور الزئبق (طريقة Algh) .

٧- تلوث الهواء الجوي بالكوبالت : Air - Cobalt Pollution

يؤدي استنشاق الهواء الجوي الملوث بالكوبالت لدخوله الجهاز التنفسي
فيتمص بالشعيرات الدموية المنتشرة على سطحه الداخلي ويتحرك مع الدم
حيث يتمص بالأعضاء الدقيقة وتخرج ٨٥% من الكمية الممتصة بالبول
والباقي يطرح مع البراز أو العرق .

بالرغم من سميته للإنسان إلا أنه ضروري وتركيز ٤% في فيتامين
ب١٢ يوجد الكوبالت بتركيزات قليلة (١ ميكروجرام / ١٠٠ ملل) بالدم
والكبد كما أنه ضروري لتكوين حمض البريبيونيك وهضم الألبان ميكروبياً
كما يلعب دور في تنشيط بعض إنزيمات الجسم إلا أن تركيزه بالجسم
يؤدي للتسمم فتزداد عدد كرات الدم الحمراء (Ploy Cythemia) بزيادة
الهيموجلوبين خاصة متناولي البيرة لإضافتها لمنع الفوران (Anti Foaming)
كما أن له تأثير مضاد لإفراز الغدة الدرقية (Goitrogenic Effect) كما يؤدي
لاضطراب القلب .

٨- تلوث الهواء الجوي بأبخرة وغبار البريليوم :

Air - Peryllium Fumes And Dusts Pollution

تحتوي القشرة الأرضية على ٠,٠٠٦ % من غبار البريليوم ويتم تلوث الهواء الجوي بأبخرته وغباره خاصة بالهواء المحيط بمدخن مصانع سبائك وأماكن توليد الطاقة والمفاعلات النووية (Nuclear Reactors) لمقاومته الحرارية والميكانيكية كما يستخدم كعاكس لتبطين المفاعلات لبطيء حركة النيوترونات كما يستخدم في الأجهزة السمعية ومدخن مصانع الخزف والصيني ومصاييح للنيون (ولهذا يجب دفن مصاييح النيون العاطلة أو المكسورة) وينتشر بالهواء الجوي حول أماكن حرق الفحم وممرات الطائرات وحول أماكن إطلاق الصواريخ كذلك حول مدخن مصانع السيراميك والزجاج .

ويؤدي التسمم لتهيج الجلد والأغشية المخاطية وظهور أورام سرطانية بالرئتين ويسبب مرض البريليويسس (Berylliosis) كما ينافس البريليوم الماغنسيوم الموجود بالمواقع الأنزيمية لذا يؤدي لتثبيط حمض الديوكسي نيوكليك وأنزيم الثيميدين كينيز (Thymidine Kinase) وأنزيم الفوسفاتيز القلوي (Alkaline Phosphates) وأنزيم الفوسفو جليكوميوتيز (Phosphogluco Mustase) .

وسمية البريليوم عالية جدا وبكل مركباته وخاصة بطريق الاستنشاق فيؤدي لأعراض تشبه الزكام مع سعال جاف وضيق بالصدر وتعب سريع ونقص بالوزن وهزال والتهاب اليلعوم والقصبات وأخيرا التهاب حاد بالرئتين تظهر صور الأشعة تدرن رئوي .
والتسمم المزمن يظهر بالجلد والزئفة والتي تصل في النهاية لسرطان رئوي .

ويقدر مستوى تلوث الهواء الجوي بالبريليوم بإضافة محلول بارا .
نيتروأزو اورثيول فيعطي لون احمر بني يقاس لونيا .

١٠- تلوث الهواء الجوي بالحديد : Air - Ferric Pollution

يتم تلوث الهواء الجوي بغبار الحديد في صورة أكسيد حديديك حول المناجم والمناطق الصناعية وأعمال اللحام كما يبيت في الهواء من مداخن المسابك والصقل والطلاء والسياتك .

ويدخل الحديد الجسم مع الهواء الجوي الممتشق للرئة فترسب نرات أكاسيد الحديد (Fe_2O_3, FeO) في الرئة حيث يكون في صورته المؤكسدة ثم يختزل بعد امتصاصه بالمعدة لحموضتها (لوجود حمض الهيدروكلوريك وكذلك حمض الاسكوربيك) فيتحول إلى صورته المختزلة (Fe^{2+}) فتمكن المعدة والاثني عشر من امتصاص ١٠-٣٠ % وأثناء انتقاله وتحركه يرتبط مع البروتين الناقل له : ترانس فريس (Transferrin) بتركيز ٨٠٠-٥٠٠ ميكروجرام / لتر وعند تخزينه يرتبط ببروتين الفريتين (Ferritin) بالكبد والطحال ونخاع العظم أو يرتبط بالألبوبروتين فينتج الألبوفيرين وهذا ما يجعل مستواه في البلازما منتظم لأنه بالعلاقة بين مستوى نقله وتخزينه وامتصاصه . أي أن الحديد يدخل الجسم بصورته المؤكسد (Fe^{3+}) ويظل كما هو حتى يرتبط بسبروتين الفريتين (Ferritin) أو الهيموسيدرين (Hemosiderin) ولكن عند انتقاله مع الدم يكون بشكل حديدوز مختزل ترانسفيرين : $Transferrin Fe^{2+}$ أو سيدروفيلين (Siderophilin) .

ويستخدم الحديد بصورة فريتين أو هيموسيدرين لبناء هيموجلوبين نخاع العظم (٢٠ - ٣٠ ملليجرام / يوم) وهي نسبة أكبر مما يمتص من الحديد (١ - ١/٢ ملليجرام / يوم) ولكن تعوض النسبة الباقية من تكسير كرات الدم التالفة وإعادة استخدام الهيموجلوبين ، حيث يدخل الحديد في تركيب الهيموجلوبين لنقل الأكسجين من الرئتين للخلايا وكذلك ثاني أكسيد الكربون كما يدخل في تركيب الهيموجلوبين بين العضلات المخزن فيها الأكسجين للاستفادة في عمليات الأكسدة كالميتوكروم أكسيديز والكاتاليز والبيروكسيديز والأكسيديز زانتئين والسكستيك ديهدروجينيز و الكاروتين داي اكسيديز كما

يدخل في تخليق الكولاجين وإنتاج الأجسام المضادة وإبطال فعل الكيمائيات السامة بالجسم وإزالة الدهون الزائدة .

ويخرج الحديد الزائد عن طريق الكلى بالبول بمعدل ٠.١ ملليجرام / يوم وبالبراز بمعدل ٠.٢ - ٠.٥ ملليجرام / يوم و بالعرق ٠.٠٥ - ٠.١ ملليجرام / يوم و تفقد الإثاث بالطمث ٢٠ ملليجرام / شهر أما الزائد بالجسم عن معدل الإخراج فيؤدي لزيادة تحلل كرات الدم الحمراء لزيادة Hemosiderosis (ونقص وظائف الكبد لتسممه .

١١ - تلوث الهواء الجوي بالفاناديوم (Air - Vanadium Pollution)

يتم تلوث الهواء الجوي بالفاناديوم الذي يكون متحدا بغيره من العناصر فهو غاز حامل كيميائي : (Chemical carrier) لسرعة أكسنته كذلك حول مداخل مصانع سبك الكروم وبعض أجزاء السيارات (عمود الكردان) وعادم السيارات ومداخل السفن والسخانات ومصانع حمض الكبريتيك . وباستنشاق الهواء الجوي الملوث به يؤدي لوخز وألم وضيق التنفس وألم شديد بالصدر مع سرعة نقات القلب وسعال مصحوب بإفراز دموي شديد ويخضر لون اللسان مع رجفة الأصابع .

١٢ - تلوث الهواء الجوي باليود (Air - Iodine Pollution)

يعد اليود من ملوثات الهواء الجوي خاصة بالمناطق الساحلية كما يدخل الجسم عن طريق الهواء المشبع بأبخركه أو المياه أو الأغذية الملوثة به والمحتوية على نسبة عالية منه وبوصوله لتيار الدم يمتص بالأمعاء في صورة أيون يود يد بالأمعاء الدقيقة ويرتبط بضعف مع البروتين الناقل له : الثيروجلوبيولين (Thyroglobuline) أو بـحمض الثيروزين : (Tyrosine) ثم ينتقل من الدم للغدة الدرقية حيث يؤكسد ثلث الكمية لتخليق الهرمون ويخرج الباقي مع البول خلال ٢-٣ يوم .

فيؤدي زيادة اليود بالهواء المستنشق الى تنبيه تنظيم الهرمون المنبهة للغدة الدرقية (Thyroid Stimulating Hormone: TSH) المفرز بالغدة النخامية (Pituitary Gland) فتقوم الغدة الدرقية بحجز اليود حيث ينظم هذا الهرمون النخامي بالية التغذية الرجعية (Fed Back Mechanism) فيقل إفرازه بنشاط الثيروكسين . ويحتوي الجسم علي ١٥ - ٢٣ ملليجرام يود حيث يوجد ٧٥% من هذه الكمية بالغدة الدرقية والباقي بالجلد والعضلات والهيكل العظمي والغدد اللعابية والثديية كما يدخل في هرمون الغدة الدرقية والمخزن في الثيروجلوبولين حتى يطلق حرا بالدم .

ويؤدي زيادة مستواه في الدم كما سبق لتنشيط الهرمون المنبه للغدة الدرقية (TSH) فتتضخم الغدة لتكوين جلوبيولين غروي مسببة مرض الجويتر Endemic Goiter فيزداد وزنها من ٢٥ جم الى ٧٥٠ جم مما يزيد من مستوى إفرازها مسببة مرض الجويتر الجساحطي (Exopitthalamic goiter) فتزداد نسبة التمثيل الى ١٠٠% لزيادة نسبة هرمون الثيروكسين بالدم .

في حين أن نقصه بالجسم عند الأطفال يؤدي الى تشوهات بالوجه والأنف والتخلف العقلي وخشونة الصوت وتضخم البطن وبروزه كذلك قد يؤدي الى ظهور مرض Myxedema حيث قلة الشعر وخشونة وجفاف الجلد واصفراره وعدم تحمل البرودة وخلل بالغدة الدرقية والنخامية .

١٣ - تلوث الهواء الجوي بغاز الأوزون (Air - Ozone Pollution)

ويعد غاز الأوزون ملوث ثانوي للهواء الجوي وينتج من خلال الأكسدة الضوء كيميائية (Photochemical Oxidation) لأكاسيد النتروجين وأول أكسيد النتروجين (NO₂) وهو ما يفسر ارتفاع تركيزه في ساعات النهار وانخفاضها في ساعات الليل كذلك لامتصاصه بالتربة والنبات حيث يوجد توازن بين التفاعلات المؤدية لزيادة تركيزه في الغلاف الجوي مع مثيلاتها المؤدية لخفض تركيزه : أي التفاعلات التي تتم بين المواد الهيدروكربونية العضوية وثاني أكسيد النتروجين في وجود الشمس .
وينحصر دور الأنشطة البشرية هنا في زيادة بث :

- ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) بالجو والتي تؤدي بدورها فقط لزيادة تخليق الأوزون .
- أكسيد النيتريك (NO) بالجو والتي تؤدي بدورها فقط لنقص تخليق الأوزون .
- كذلك فاستخدام لمبات الإضاءة بالشوارع والتي تنبعث منها أشعة فوق بنفسجية كذلك الأجهزة المعلقة لها تؤدي لزيادة التلوث بالأوزون .

وجود الأوزون كغلاف بإحدى طبقات الجو العليا الأستراتوسفير تحمي الكرة الأرضية من وصول نسبة كبيرة من الأشعة فوق بنفسجية المنبعثة مع أشعة الشمس والتي تؤدي زيادة تركيزها بالغلاف الجوي المحيط بالكرة الأرضية إلى حدوث تأثيرات خطيرة على الصحة العامة .

فالحد المسموح بتواجده في الهواء الجوي هو ٠,١٢ جزء في المليون / يوم واحد / سنة والأوزون من المواد المهيجة للأغشية المخاطية المبطنة للأنف والحلق والزور والحنجرة . كذلك يسبب تهيج للأغشية المخاطية المبطنة للقصبة الهوائية وتفرعاتها مما يؤدي لسعال وباستمرار التعرض له يؤثر على بطانة القصبات الهوائية خاصة في الجو الرطب الملوث بالكبريتات وفي نفس الوقت يقلل من مقاومة الجسم لنزلات البرد والالتهاب الرئوي . وارتفاع تركيزه بالهواء الجوي يؤدي لجفاف الحلق وصداغ وصعوبة في التنفس والتهاب بالقصبة الهوائية ثم احتباس الهواء في الرئة : (Emphysema) كما أنه يؤثر على الكائنات الحية الدقيقة الحيوانية والنباتية خاصة الموجودة في الطبقة السطحية من المسطحات المائية أكثر عن مثيلاتها الموجودة بالأعماق والتي تعد المصدر الغذائي الهام للأسماك والقشريات مما ينعكس بدوره على الثروة السمكية .

كما يدمر الكلورو بلاست المحتوي على كلوروفيل اللازم لعملية تخليق (التمثيل) الضوئي فيقل معدل ما يجهزه النبات من مواد غذائية كما أن بعض النباتات تكون أكثر حساسية له كالحوخ والمشمش والموالح والعنب حيث يظهر على أوراقها وثمارها بقع بيضاء أو رمادية أو سوداء تبعا لطول فترة التعرض ثم تتلف حواف الأوراق والأفرع الضعيفة وقد لا يزهـر .

وكما سبق فالأوزون يتحكم ويقوة في درجة حرارة الجو لقدرته العالية على امتصاص كميات كبيرة من الأشعة تحت حمراء (مثل ثاني أكسيد الكربون) فترتفع درجة حرارة الجو تدريجيا مما يؤثر بدوره على ذوبان الجليد بالقطبين وقمم الجبال حيث لوحظ مؤخرا ارتفاع درجة حرارة الجو من ٠,٣ - ٠,٧ درجة مئوية / خلال المائة عام الماضية أي أن الحرارة ارتفعت بمعدل ١,٥ - ٤,٥° م وهو ما أدى لزيادة منسوب البحار إلى ١,٤ مم مما يؤدي إلى خلل في التوازن البيئي فرفع درجة حرارة الجو درجتان عن المتوسط العام يؤدي لنقص في المحاصيل يتراوح بين ٣- ١٧ % وانتشار الأمراض والآفات الزراعية بجانب تأثير الصوبة : (Green House) .

كما لوحظ أن زيادة تلوث الهواء الجوي بالكبريت والفلور وأكاسيد النتروجين والبروم من ٠,٠٢ جزء في المليون إلى ٠,١ جزء في المليون أدى لنقص الأوزون بنسبة ٤% والتي تصل إلى ٤٣% عند وصول تركيز الفلور بالجو إلى ١٦ جزء في المليون . كما لوحظ وجود نقص في الأوزون بطبقة الأستراتوسفير السفلى بلغ ٤٠% (وهي الطبقة التي ترتفع ١٥-٢٠ كيلومتر عن سطح البحر) خاصة في شهري أغسطس وسبتمبر ثم يثبت خلال شهر أكتوبر ثم تعود لحالتها الطبيعية مرة أخرى خلال شهر نوفمبر ويجب الأخذ في الاعتبار أن نقص الأوزون بنسبة ١% في الغلاف الجوي يؤدي لزيادة نسبة الأشعة فوق بنفسجية ٢% كذلك فإن نقص الأوزون بطبقة الأستراتوسفير (طبقة الأوزون) وزيادته في طبقة التروبوسفير المحيطة بالسطح يعني تغير مناخ الكرة الأرضية وارتفاع درجة الحرارة في طبقة التروبوسفير .

١٤- تلوث الهواء الجوي بعنصر السيلينيوم (Selenium) :

معادن ضروري فيوجد في بعض البروتينات الخاصة والتي تحتوي على سيلينو سيستين (Seleno cysteine) بالثدييات وتشمل إنزيمات جلوتاثيون بيروكسيداز (Antioxidant glutathione peroxidase) وسيلينيوروتين بيروأكسيداز (Peroxidase Selenoprotein) و يودوثيرونينديوديناز (Iodothyronine deiodinase)

بالإضافة لمجموعة من البروتينات السليونية والتي لم يتم تعريفها بعد وهي بروتينات ترتبط بشدة به لدرجة أنه يظل مرتبطا حتى أثناء عمليات تنقية البروتين ويكون بحالة تسمى سيلينيد (Selenid) والذي يتكون نتيجة اختزال السيلينيت (SeO - Selenite⁴⁺) والسيلينات (Selenate⁻) .

ويقدر وجود السيلينيوم بالحيوانات والإنسان بقياس تركيزاته ونشاط إنزيم الجلوتاثيون بيروأكسيداز في الدم والبلازما .

وأثناء الحمل أما أن ينخفض سيلينيوم البلازما ونشاط الإنزيم أو يمكثا دون تغير بالإضافة إلى أن معاملة الفئران الصغيرة بالسيلينيت أو السيلينات يؤدي لانتقال السيلينيوم إلى أنسجة الجنين كذلك فإن السيلينيوم المتكون من (Seleno methionine selenate) تنفذ خلال مشيمة الجنين .

وبالرغم من أهميته إلا أنه يعتبر معدن سام ذو آثار غير طيبة وخاصة أثناء التطور فعند تعرض الحيوانات له بمعدل ١٠٠ مرة أعلى من المستويات المسموح بها بمنظمة الصحة العالمية فالجرعة الحادة من السيلينيت تؤدي لإجهاض إناث الفئران الصغيرة الحامل وقد يكون ساما بالنسبة للجهاز التناسلي نتيجة تأثيره على المشيمة وأن جرعة واحدة تعادل ٥٨,٨ ميكرومول / كجم تعطى تحت الجلد للفئران الصغيرة الحامل في اليوم الثاني عشر تؤدي إلى الإجهاض وموت الأمهات في غضون ٤٨ ساعة بينما إعطاء جرعة تعادل ٢٧ ميكرومول / كجم في اليوم السادس عشر أدت إلى الإجهاض أما الجرعة ٤٠٠ ميكرومول فأنها تؤدي إلى إجهاض وموت الأمهات وأن معاملة الفئران الحامل في اليوم الثاني عشر بالجلوتاثيون بمعدل ٢ أو ٥ ملليمول / كجم في وقت مبكر بحوالي ٢٠ دقيقة قبل المعاملة أدت إلى ارتفاع سميته مكونا شقوق حرة (Free radicals) .

١٥- الماغنسيوم (Magnesium) :

يعتبر الماغنسيوم عامل مساعد لكثير من الإنزيمات ويرتبط بالفوسفات في كل هذه التفاعلات ويؤدي النقص في هذا العنصر بالإنسان إلى عديد من الأمراض الكلوية والقلبية أما في الحيوانات فيرجع نقص الماغنسيوم في أجسامها إلى الرعي في الأراضي التي تنقر إليها فيؤدي لاهترافات في الأعصاب والعضلات (Neuromuscular irritability) وتكلس واضرار قلبية

وكلوية يمكن تفاديها نتيجة لإصابة نهايات العضلات أساسا كما يحدث في مرض التيتانوس .

ويعتبر المكسرات (Nuts) والحبوب (Cereals) والغذاء البحري واللحوم مصدر هاما وغنيا في الماغنسيوم . وتحتوى مياه المدن على حوالي ٦,٥ جزء في المليون في المتوسط من الماغنسيوم وتختلف باختلاف نوعية المياه سواء أكانت مياه عسرة أو عذبة .

وتستخدم سترات أو أكسيد أو كبريتات أو هيدروكسيد الماغنسيوم بالإضافة إلى كربونات الماغنسيوم كمواد مضادة للحموضة فى حين أن هيدروكسيد الماغنسيوم ثلبن الماغنسيوم (Milk of Magnesia) يستخدم أيضا لمعالجة (Antidote) التسمم هذا بالإضافة إلى أن كبريتات الماغنسيوم تستخدم ظاهريا ضد الالتهابات وقد تستخدم أيضا كمهدئ عصبي علم بأن أكثر الاستخدامات شيوعا في نوبات (Seizures) التشنج (Eclampsia) المصاحبة لفترة الحمل (Pregnancy) .

حركية السمية (Toxicokinetics) :

تمتص أملاح الماغنسيوم بدرجة قليلة جدا بالأمعاء خاصة الأمعاء الدقيقة وجزء بسيط خلال القولون . ويتنافس الكالسيوم مع الماغنسيوم على مواقع الامتصاص فامتصاص الكالسيوم يثبط امتصاص الماغنسيوم ويفرز من الجهاز الهضمي بواسطة عصارات الحوصلة المرارية البنكرياسه والأمعاء وعند حقن ماغنسيوم مشع عن طريق الوريد فإن سرعان ما يظهر في القناة الهضمية ودائما ما تكون مستويات الماغنسيوم في سیرم الدم ثابتة ويعتبر البول طريق الإخراج الأساسي للماغنسيوم تحت الظروف الطبيعية فإذا تواجد في البراز فهذا معناه أنه لم يمتص فهذا العنصر يرشح بواسطة الكليات ويعاد امتصاصه بواسطة الأنابيب البولية .

أما في بلازما الدم فيوجد حوالي ٦٥% من الماغنسيوم في صورة أيونية وهى ما تظهر في رشح الكليات بينما باقى الكمية تكون مرتبطة بالبروتين هذا يظهر الماغنسيوم أيضا في العرق واللين .

ونشاط الغدد الصماء وخاصة هرمونات الأدرينالين (Adrenocortical) والألدوستيرون (Aldosterone) وهرمون الباراثيرويد (Parathyroid) لهم تأثير شديد على مستويات الماغنسيوم وترجع للتداخل بين الكالسيوم والماغنسيوم .

وتوزيع الماغنسيوم عامة يكون ما بين الخلايا بالعظام والعضلات مع تواجد قليل في كل خلايا الجسم ويتصاعل وجوده في زيادة تواجد الكالسيوم .
السمية (Toxicity) :

يسبب أكسيد الماغنسيوم المتولد حديثاً حمى أبخرة المعدن (Metal fume fever) مثل أكسيد الزنك وذلك عند استنشاقه ووجود ذرات ماغنسيوم في أنسجة تحت الجلد تسبب تقرحات يصعب التئامها وعند إعطاء الماغنسيوم للحيوان سواء أكان تحت الجلد أو في العضلات يؤدي إلى حدوث غرغرينة نتيجة لتفاعله مع سوائل الجسم وتوليد الهيدروجين وهيدوكسيد الماغنسيوم .
ونتيجة لتعرض المهنيين بطريق الاستنشاق يؤدي إلى التهاب أغشية العين (Conjunctivitis) والأغشية الأنفية (Nasal Catarrh) والكحة وبصاق غير ملون .
ونادراً ما تحدث السمية عند التعرض لأملح الماغنسيوم عن طريق الفم ولكن قد يحدث من ذلك فشل كلوي فانهخفاض حاد في ضغط الدم وشلل تنفسي نتيجة لهبوط في عمل الجهاز العصبي المركزي .

١٦- الموليبدينيم (Molybdenum) :

يعتبر من المعادن الضرورية التي تعمل كمعامل مساعدة لأنزيمي:

▪ زانثين أكسيداز (Xanthine Oxidase)

▪ ألدهيد أكسيداز (Aldehyde Oxidase)

فوجوده هام في النباتات حيث أنه يعمل على تثبيت النيتروجين الجوي بواسطة البكتريا في بداية تكوين البروتينات ونظر لهذه الوظائف فهو يوجد في كثير من الأغذية فتعمل الكائنات النباتية والحيوانية الدقيقة في البقاع المائية على تركيز الموليبدينيم بما يعادل ٢٥ مرة قدر وجوده في الماء كذلك تحتوى حيوانات كالأصداق على كمية مرتفعة من هذا العنصر يضاف كميات قليلة جداً منه إلى المخصبات ليحدث النبات على النمو ويتناول الإنسان من هذا العنصر يومياً ما يقرب ٣٥٠ ميكروجرام بينما يصل تركيزه في الهواء الجوي في المدن إلى أننى تركيز له في حين يوجد بالمجاري المائية بما يعادل الثلث ويصل تركيزه في بعض الأماكن إلى ميكروجرام لكل لتر ماء .

هذا والتعرض الزائد لعنصر الموليبدينيم يؤدي إلى حدوث السمية في كل من الحيوان والإنسان ويعتبر الموليبدينات (MoS_2) هو أهم المانع المعدنية .

ويستخدم هذا المعدن في صناعة سبائك الصلب المستخدمة في المقاومة لدرجات الحرارة العالية والتي تستخدم في التربينات التي تدار بالغاز وفي ماكينات الطائرات الصاروخية هذا بالإضافة إلى إنتاج وتخليق العوامل المساعدة والتشحيم والصبغات .

حركية السمية (Toxicokinetics) :

بالرغم من تولد الموليبيدينم في عدة أشكال ذات تكافؤات مختلفة إلا أن اختلافات التأثير البيولوجي نتيجتها غير واضحة فالمركبات سداسية التكافؤ وال قابلة للذوبان تَمَصُّ بواسطة الجهاز الهضمي حتى تصل إلى الكبد وهي تعتبر مكون لإنزيم الزانثين الذي يلعب دورا في التمثيل الغذائي للبيورين وقد ثبت أنه مكون أيضا في إنزيمات ألدهيد أكسيداز (Aldehyde Oxidase) و السلفيت أكسيداز (Sulfite Oxidase) .

ويؤدي تعرض حيوانات التجارب لجرعات زائدة إلى زيادة مستويات إنزيم زانثين أكسيداز (Xanthine Oxidase) بالأنسجة .

ويتواجد هذا العنصر في الإنسان أساسا في الكبد والكلى والدهون بالإضافة إلى الدم ففي الكبد يرتبط أكثر من ٥٠% من كميته مع عوامل مساعدة بروتينية في الغشاء الخارجي للميتوكوندريا ويستطيع الانتقال إلى الجزء البروتيني من الإنزيم : أبوينزيم (Apoenzyme) محولا إياه إلى جزئ أنزيمي نشط . ومستوى تركيزه في الأطفال حديثي الولادة منخفض ويزداد مع تقدم العمر حتى سن العشرين ثم يبدأ في الانخفاض بعد ذلك .

ويفرز أكثر من ٥٠% من مستواه عن طريق البول ويكون هذا الإفراز سريعا وفي صورة موليبيدات (Molybdate) أما عندما يزداد مستوى تركيزه داخل جسم الإنسان فقد يملك جزء منه الخروج عن طريق الحوصلة المرارية وعادة يكون في هيئة سداسي التكافؤ .

وبتعرض خنازير غنيا بالاستشاق له أدى لزيادة تركيزه بالعظام بينما حقن الموليبيدينم المشع أدى لزيادة في مستواه في الكبد والكلى بالإضافة إلى ظهوره بصورة مرتفعة جدا في الغدد الصماء (Endocrine glands)

السمية (Toxicity) :

عندما تحتوى مراعى البقر والغنم على ٢٠-١٠٠ جزء في المليون منه فإنها تسبب مرضا بها يعرف باسم (Tear) ويتميز بحدوث أنيميا و معدل نمو فقير مع وجود إسهال ويمكن التخلص من المرض بإعطاء الأبقار أو الغنم النحاس أو الكبريتات في غذائها مع إقصاء الحيوانات عن تلك المراعى أما التعرض لمدة طويلة فيؤدى إلى حدوث تشوهات في مفاصل الحيوانات وقد أثبتت الدراسات العديدة وجود الاختلافات في سمية أملاحه فمثلا تستطيع الفئران الكبيرة تحمل ٥٠٠ ملليجرام / كجم / يوم من كبريتيد الموليبدنيم بينما المركبات سداسية التكافى أعطت سمية أعلى . وعند تعرض الفئران الكبيرة لثالث أكسيد الموليبدنيم بجرعة ١٠٠ ملليجرام / كجم / يوم عن طريق الاستنشاق أدى ذلك إلى حدوث تهيجات في العين والأغشية المخاطية انتهت بالموت . وتعرض الحيوانات المتكرر لجرعات عالية أدى إلى تآكل وتهتك الكبد والكلى . كما تؤدى الزيادة منه إلى تشوه عصبي وإزالة الغشاء الميليني المغلف للأعصاب (Demyelination) بالإضافة إلى تماثل التحلل و التآكل للمادة البيضاء (White matter) في الخراف .

وسمية الموليبدنيم وعلاقته مع المعادن الأخرى وخاصة في حالة الأبقار والغنم مؤكدا فيعمل النحاس على تراكم الموليبدنيم في كبدها وقد يعمل على تضاد امتصاصه من الغذاء فإذا ما تبادل أسبوعيا إعطاء النحاس مع يأخذه الحيوان من مرعاه من الموليبدنيم أدى ذلك إلى حالة مرضية حيث تعاني الحيوانات من أعراض مرض (Tear) كذلك فإن الكبريتات تحل محل الموليبدنيم في الجسم وقد يرجع ذلك إلى اختزال الأكسيد في الكبد مكونا كبريتيد النحاس (Copper sulfide) وهو بدوره ما يؤدى إلى نقص النحاس الفعال . وبالتغذية على غذاء يحتوى على التنجستات (Tungstate) يحل محل الموليبدنيم هذا بالإضافة إلى أن الموليبدنيم يشجع الاحتفاظ بالفلورايد وعليه يقلل من تآكل الأسنان .

الباب الخامس

ملوثات الهواء الجسيمية

ملوثات الهواء الجوي الجسمية (Air particulate pollutants)

ملوثات الهواء الجوي الجسمية هي ملوثات منتشرة في الهواء الجوي المحيط للكرة الأرضية في صورة جسيمات صغيرة صلبة أو بصورة قطرات سائلة (Liquid Droplets) ذلك باستثناء القطرات المائية .

وهذه الجسيمات تتفاوت وتختلف في أحجامها (نصف قطرها) ولهذا ينقسم إلى :

١- ملوثات جسمية دقيقة (ميكرونية) : Micro Particles

تتراوح أقطارها في حدود 0.0002 ميكرون وتظل عالقة بالهواء الجوي ومنتشرة به ويحملها لمسافات بعيدة وهو ما زالت عالقة به . وتختلف مصدر هذه الجسيمات فقد تنتج مواد من المساحيق الصلبة (Powders) أو من رش السوائل بعد تبخر المذيب منها كما أنها تختلف من حيث طبيعة مصدرها : Nature Source ولهذا تنقسم إلى :

- ١- جسيمات حجرية الأصل : مثل الرمال والحصى .
 - ٢- جسيمات معدنية الأصل : مثل الحديد والنحاس .
 - ٣- جسيمات ملحية الأصل : مثل جسيمات أملاح الحديد والزرنيخ والرصاص .
 - ٤- جسيمات نباتية الأصل : مثل جسيمات أو غبار القطن ونشارة الخشب .
 - ٥- جسيمات أو ايروسولات ملح مياه البحر : Sea Salt Aerosols
 - ٦- جسيمات نحاسية (نحات التربة) Soil Erosion والمؤدية لعواصف رملية.
 - ٧- جسيمات ناتجة عن عمليات الاحتراق .
 - ٨- جسيمات بركانية ناتجة من نشاط بركاني Volcanic Activity
- كذلك تنقسم الجسيمات الملوثة للهواء للجوي إلى :
- ١- جسيمات أولية (Primary Particles) : وهي الجسيمات المنفردة مباشرة للهواء الجوي بأية من الطرق السابقة . وتبلغ نسبة إنتاج الجسيمات الأولية (Anthropogenic) أقل من ٨% من الإنتاج الطبيعي .

٢-جسيمات ثانوية (Secondary Particles) : وهي الجسيمات المتكونة في الغلاف الجوي بواسطة تجمع (Agglomeration) أو بتفاعل الغازات المتنوعة بإذابتها في ماء القطرات مثل أكاسيد الكبريت ثم ذوبانها في هذه القطرات المائية وتكون حمض الكبريتيك . وزيادة الجسيمات الثانوية تؤدي لزيادة ايروسولات ملح البحر الداخلة للهواء الجوي كل سنة وهي جسيمات ثانوية (Un-Anthropogenic) وتبلغ ٢٠ % .

١-ملوثات الهواء الجوي الجسيمية الغازية (Air Dusts Particulate Pollutants)

جسيمات صلبة غبارية أو ترابية (Dusts) دقيقة (Fine particles) ناتجة من عمليات الطحن أو التفطيت أو سحق المواد الصلبة وهي متباينة الحجم تتراوح أقطارها بين ١-٥٠٠ ميكرون .

والحد المسموح بتواجده في الهواء الجوي لمنطقة عمل (MACwz) هو ٥٠ ميكرو جرام / m^3 ، ومصدر بثها في الغلاف الجوي هو الأنشطة العمرانية ووسائل النقل المختلفة وأماكن حرق القمامة المفتوحة وكمائن الطوب ومداخن المنازل والمصانع . أما مصدر بثها الطبيعي فسي الغلاف الجوي ينحصر في البراكين وبخار أملاح مياه المحيطات والبحار والمسطحات المائية . أما الرياح التي تهب على الصحاري وأثناء وبعد حفر الترع والمصارف وتمهيد الطرق وتنظيفها (كنسها) كذلك عقب العمليات الزراعية كالحراث والعرق والتزحيف وتكسير الصخور بالجبال يدويا أو ميكانيكيا وحول المحاجر تمثل مصادر أساسية لهذه الملوثات .

- ويؤدي تلوث الهواء الجوي بهذه الجسيمات إلى :
- إعاقه حركة الملاحة الجوية والبحرية والعمل في المطارات والموانئ البحرية .
 - إعاقه تشغيل كثير من المعدات والأجهزة خاصة الحرية الموجودة في الصحراء كذلك وسائل النقل .

- إعاقلة حركة المرور لتجميعها في صورة كتبان رملية على الطرق الصحراوية .
- نحر المنشآت المعدنية والصاج وزجاج السيارات ومصايبها .
- تراكمتها على الأسطح الخضرية للنبات مما يؤدي لمد ثغورها التنفسية والمسام علاوة على حدوث ضرر ميكانيكي بصورة خدوش أو صنفرة لأسطح المجموع الخضري وقد تصل لكسر الأقعر لزيادة النحر مع شدة الرياح وكل هذا يعيق عملية التمثيل الضوئي لحجب السطح الأخضر جزئيا عن الضوء كذلك فتراكمها على مياسيم (كرايل) الأزهار يعيق عملية الإخصاب فلا تعطي محصول جيد .

وتنقسم ملوثات الهواء الجسيمية (الغبارية) إلى :

- جسيمات حية (Viable Particulates) : كالبكتريا والفطر والخميرة وجراثيمها .

- جسيمات غير حية (Non Viable Particulates) : حيث تتكون بتكسير المواد (Break Down) أو من خلال تجمعها (Agglomeration) أو كايروسولات لمالح البحر : Sea Salt Aerosols وهي مصدر فردي للجسيمات الهوائية وتتكون بواسطة الدفع الارتطامي (Bursting) لماء البحر فينفرد العديد من القطرات الدقيقة (Tiny) حيث يتبخر الماء ويبقى الملح .

وتستجيب الطحالب والأشن للغبار المعدي بالهواء الملوث كما تلعب دورها في تنقية المياه من المعادن السامة في مياه الشرب بالأنهار والبحيرات العذبة (الحلوة) كذلك يستخدم عمال المناجم طيور الكناري لمعرفة مدى التسمم الغازي في أنفاق المنجم أثناء العمل فدرجة تغيرها دليل على وجود غاز سام لشدة حساسيتها عن الإنسان .

جدول رقم (٥-١) : الأتربة والجسيمات الصلبة (التي لا تزيد قطرها عن ١٠ ميكرون) والجسيمات السائلة العالقة

الملوث	الكلوث (مللج/م ^٣)	بالعرض
	٧ ساعات	٢٤ ساعة
رصاص	٠,٢	٠,١٤
منجنيز	٦	٠,٢
زنك	٠,١	٠,٠٠٢
فوسفور	٠,١	٠,٠٠٥
زرنيخ	٠,٥	٠,٠٠٥
ثليوبوم	٠,١	٠,٠٠٥
باريوم	٠,٥	٠,٠٠٥
كالميوم	٠,١	٠,٠٠٥
اتيمون	٠,٥	٠,٠٠٥
سليانيوم	٠,١	٠,٠٠٥
أكسيد حديد	٠,١٥	٠,٥
فلوريدات	٢,٥	٠,٠٨
أكسيد زنك	١٥	٠,٥
أكسيد ماغنسيوم	١٥	٠,٥
رابع ايثيل الرصاص	٠,٠٧٥	-
سليانييد	٠,٥	٠,١٧
سلفيد الفوسفور	١	٠,٠٢
كلور داى فينيل	٠,١	٠,٠٢
حمض كلوريد الفوسفور	١	٠,٠٢
داى نيترو تولوين	٠,٥	٠,٠٥
لدت	١	٠,٠٢
أمبيمتوس	١٨٠	-
حمض كبريتك	١	٠,١
تراب غير محتوي على سيليكات	١٨٠٠	٥٠
ميكاتحتوي على <٥% سيليكات	٧٠٠	-
أسمنت بوتولادي	١٨٠٠	٦٠
سيليكات (<٥٠% سيليكات حرة	١٨٠	٦
تلك	٧٠٠	-
أتربة منطقت	٧٠٠	-

١-١ الغبار المسافط (المتراكم) :

وتتراوح حجم جسيماته بين ٠,٠١-١٠٠ ميكرون لذا تترسب من الهواء الحامل لها ويستقر على سطح الأرض وما عليها لثقل وزنها بفعل الجاذبية الأرضية خاصة عند هدوء سرعة الرياح وضعف تيارات الحمل الصاعدة أو انعدامها في الصباح الباكر.

وليس لهذه الجسيمات المسافطة (المتراكمة) أضرار أو خطورة على الجهاز التنفسي فالحاجز الأنفي يمنعها من الوصول للرتتين ويترد ما يترسب منها بالكحة والسعال ومن أمثلتها :

١-١-١-١ الدخان : Smog

وهي جسيمات دقيقة غبارية أقل من ميكرون تحتوي على نسبة عالية من الكربون كمكون أساسي نتيجة الاحتراق الغير كامل (محركات البنزين والديزل) وقد تكون في صورة قطرات سائلة متكاثفة وتتحول بارتفاع درجة الحرارة أو انخفاض الضغط للدخان .

أما السناج (الهباب Soot) فهو جسيمات دقيقة غبارية أقل من ميكرون أيضا وزيادة نسبته تؤدي لحجب الرؤية (كما في منطقة عين الصيرة - القاهرة) . ويكثر وجوده حول كائن حرق الطوب ويؤدي استمرار التعرض له للإصابة بسرطان الرئة لما تحتويه من هيدروكربونات ومعادن ثقيلة وأكاسيد كبريتية وارتفاع درجة تلوث الهواء الجوي بها مما أدى إلى الحوادث التالية:

أ - مدينة دونورا بقاطعة يتسلفانيا ١٩٤٨ والتي تحط بتلال مرتفعة تعوق حركة الرياح والهواء حيث حدث بها تغيير فجائي في درجة الحرارة وحل تيار دافئ محل تيار بارد وبالتالي منع الدخان والضباب (Fog) من الارتفاع لأعلى فظلت الأبخنة السمرء والحمراء والصفرء كحداية حبيسة

تخيم على سماء المقاطعة لمدة ٧ يوم أصيب خلالها مئة آلاف نسمة
بأمراض صدرية عديدة مات منهم مع العلم بأن عدد سكان المقاطعة كان
١٢,٣٠٠ نسمة .

- أ- كذلك غيوم لندن عام ١٩٥٢ حيث ساد جو شديد البرودة مما
أضطر السكان لاستهلاك كميات كثيرة من الفحم للتدفئة فزاد الدخان
بالجو لحد بلغت فيه مستوى الرؤية ١ متر .
- ب- ما حدث بولاية لوس أنجلوس الأمريكية عام ١٩٦٩ حيث
اضطر الأطباء إلى منع سكان الولاية من الخروج من منازلهم
لممارسة رياضة المشي أو الجولف حتى لا تستنشق كميات كبيرة
من الهواء الملوث تضر بالجهاز التنفسي كما أمر الطلاب بالمكوث
في منازل وعدم الذهاب للمدارس .

١-٢-١ الضباب Fog

وهو قطرات سائلة متكاثفة متباينة الحجم ومن أنواع مركبة من المواد
حيث تنتج من تكثيف بخار الماء علويا بالسماء ويتحول لغيوم تعلق
بالهواء وترى بالعين المجردة خاصة في الصباح الباكر وبجانب الطرق
الزراعية .

وقد يختلف الضباب عن السناج (Soot) الناتج من مداخن المنازل
والمطاعم والمصانع والمحركات . وغالبا ما تكون بصورة كروية يقل
قطرها عن ١ ميكرون .

١-٣-١ الأبخرة المعدنية: Fumes

وهي جسيمات معدنية ومواد عضوية متكاثفة (Condensed Vaporous)
تنزل قطرها بين ٠,٠١ - ١ ميكرون ، وغالبا ما تكون بشكل
كروي أو صفائحي (١-١٠٠ ميكرون) ويؤدي استمرار التعرض لها
الإصابة بسرطان الرئة لما تحتوي من هيدروكربونات وأبخرة معادن

غالباً ما تتكون ثقيلة وأكاسيد كبريتية خاصة ثالث أكسيد الكبريت وأكاسيد حديد ورصاص تبت من مداخل مصانع الحديد والصلب وسبائك المعادن كذلك مداخل المصانع المستخدمة للفحم بأنواعه مصدر للوقود .

١-١-٤- الرذاذ (Mist)

جسيمات سائلة متكاثفة متبانية الحجم (١-٢ ميكرون) تتعلق بالجور لفترة وترى بالعين أثناء تغلغلها بالهواء قبل سقوطها واستقرارها ووجودها بالهواء الجوي يعيق الرؤية .

١-١-٥- غبار الأسمنت والسيليكا والتلك والقطن :

حيث تبت غبار ألا سمنت من مصانع طحن وسحق الصخور من المصنع منها الأسمنت كما يبت غبار السيليكا (الرمل الناعم النقي : ثالث أكسيد السيليكون SiO_2 من مناطق المناجم والمصانع الخاصة بطحن وعمل الزجاج ويؤدي استنشاقها لتليف الرئة (مرضى الغبار الرئوي : Silicosis) وقد يؤدي لسيل في الحالات المتقدمة في حين أنه في نفس الوقت ضروري لبناء الهيكل العظمي بمراحله الأولى في بناء الغضاريف وجدر الشرايين والميتوكوندريا ولكن زيادته في الجسم يؤدي لترسيبه في الكلى والحالب والمثانة في صورة حصوات . كذلك يبت غبار الأسبستوس (الحرير الصخري) فهي ألياف معدنية بطول ٥ ميكروميتر وسمك ٢٠ ميكرون وتختلف تبعاً لنوع وطبيعة معدنها (سيليكات حديد أو ماغنسيوم) ويستخدم في صناعة العوازل وأجهزة التكييف والأسقف وتيل الفرامل وأسطوانات الديرياج . كذلك يبت غبار القطن والكتان بالمناطق المحيطة بالمحالج ويؤدي لسيل الحلاجين (بيسينوسس) .

كذلك يبت غبار أثناء قطع الخشب وتصنيعه وقطع وعصر وطحن مصاصة القصب لتصنيع الخشب الصيني منها وأبخرة وغبار الصمغ العربي أثناء تصاعده عند عمليات الصباغة المختلفة .

ومن الأهمية بمكان الأخذ في الاعتبار الخطورة الكبيرة عندما يحمل مثل هذا الغبار لميكروبات بكتيرية أو فيروسية أو فطرية نامية عليه في الأجواء الرطبة ومقدرة هذه الميكروبات على اختراق الجلد والأغشية

المخاطية الرقيقة التي تترسب عليها مثل هذه الدقائق كما يحدث في مرض الأسبستوسيس فتحدث تقرحات ثم تسري مع الدم وتخرق الجهاز التنفسي ويستقر بالحوصلات الهوائية المصبية تلف و تلف رئوي والتهاب يؤدي لضيق التنفس وتكلس غشاء البلور المحيط بالرئة فتقل مرونته مما يصعب بدورة خروج هواء الزفير أي احتباس الهواء بالرئة : Emphysemia تنتهي بسرطان رئة وحنجرة أو معدة . أما حركتها مع الدم فتؤدي لجروح وتجريح مستمر بالأنسجة الملامسة لها وتسبب سل رئوي قموت .

ويقال مدى تلوث الهواء الجوي بهذه الجسيمات العالقة الغبارية أو المترابكة بقياس عددها /سم³ ثم تجمع وتعرف نوعيا حيث يتم التعرف على العناصر الأساسية بها من خلال ترشيح الهواء الجوي المار خلال مرشحات خاصة بحجم تقوينا ٠,٨ ميكرومتر مكعب ثم تفرّد على شريحة وتعد ميكروسكوبيا .

وقد تثبت (Fixation) على شريحة قبل العد والفحص باستخدام محلول ٠,٢٥ ميثيل ميتا كريلات (Methyl m-crilate) المذابة في الكلوروفورم ويساعد على فردا جيدا وضع نقطة من جليسريل ترائى أسيتات .

٢- الغبار العالقي - Suspended - Particulate :

جسيمات غازية دقيقة الجسم (٠,١ - ١٠ ميكرون) تظل عالقة في الهواء الجوي لفترة طويلة وإذا ما ترسبت تترسب ببطيء ويصل عددها ١٠ مليون / سم³ والحد المسموح بتواجدها في الهواء الجوي عالميا هو ٧٥ ميكروجرام / م³ أي ١٠٨ طن / كم³ / سنة . وتختلف من منطقة إلى أخرى تبعا للأنشطة فيها وتصل بمنطقة حوان الصناعية إلى ٣٧٠ طن / طن / كم³ / سنة وبأسيوط ٩٦ طن / كم³ / سنة وبلغت بالكويت ٤٥٧ طن / كم³ / سنة .

وخطورتها تكمن في صغر جسيماتها فتظل عالقة بالهواء مما يتيح فرصة استنشاقها مع السهواء عبر الأنف ثم التصببات الهوائية الحويصلات الهوائية حيث تستقر بها وتلتصق بالشعيرات والخلايا المبطننة والإفرازات المخاطية وإذا ما أخذنا في الاعتبار أن عملية التنفس تتم من خلال عمليتي شهيق وزفير تتم بمعدل ١٧-١٨ مرة / دقيقة خلالها يحصل الدم على الأكسجين من الهواء الجوي المستنشق وطرد ثاني أكسيد الكربون فإذا علمنا أن بكل عملية شهيق يتحصل فيها الإنسان على $\frac{2}{1}$ لتر هواء أي بمعدل ١٢,٩٦ م^٣ هواء يوميًا $(\frac{2}{1} \times 18 \times 60 \times 24)$ وهو ما يعادل ١٥ كيلوجرام يوميًا أو ٣,٦ مليون لتر / سنويًا أي ما يعادل ٥,٤٧٥ طن سنويًا وهذه الكمية من السهواء والذي غالبًا ما يكون ملوث ومحمل بالجسيمات العالقة الدقيقة ، فإن الأرقام السابقة تظهر خطورة مدي تلوث الهواء على الجهاز التنفسي ولهذا نجد أن الله سبحانه وتعالى خلق لنا الجهاز التنفسي بطريقة مثالفة من عدد من الأعضاء ذات الأنسجة المتفاوتة والملائمة لوظيفتها والمتحركة في دخول وخروج الهواء الجوي منها واليها علاوة على تكيفها لدرجة حرارته وتثبيت درجة رطوبته وهو ما يتم في الأنف كأول جزء بمدخل الجهاز التنفسي حيث تبطن بغشاء مخاطي غني بالغدد المخاطية لترطيب الهواء وغنى في نفس الوقت بالشعيرات الدموية لتكييف درجة حرارة الهواء المستنشق ومزودة بشعيرات كثيفة تحجز أكبر قدر من الجسيمات العالقة في الهواء المستنشق كمصفاء للتنقية ومنها يمر للبلعوم فلسان المزمار بأول الحنجرة والذي يقوم بغلقها عند بلع الطعام فالحنجرة ثم القصبة الهوائية والشعيرتين الهوائيتين وكل منهما مبطننة من الداخل بغشاء مخاطي به أهداب كثيرة تدفع الإفرازات وذرات الجسيمات العالقة بها للخارج بغرض التخلص منها . ولكن كلما صغر حجم هذه الجسيمات كلما سهل نفاذها ووصولها لألق تركيبات بالجهاز التنفسي وهي الحويصلات الهوائية كذلك كلما زاد تركيزها بالهواء المستنشق كلما زاد تركيزها بداخل الرئة .

ويؤدي تلوث الهواء الجوي بهذه الجسيمات لرفع درجة حرارته ورطوبته النسبية والضغط الجوي وبالتالي حركة الهواء وهو ما يؤثر

على مستوى نشاط المراكز العصبية ومرونة الجلد وجفاف الأغشية المخاطية ومستوى ماء الجسم وهذا ينتج عنه اختلاف في مستوى أداء العمليات الفسيولوجية فارتفاع الضغط يصيب الكائنات بصعوبة التنفس . وتعد الإثاث أكثر من الذكور خاصة الرجال إصابة بالتغيرات الرئوية لتعرضهن لوقت طويل وخاصة ربات البيوت لغبار المطبخ (١٠٠١ - ١ ميكرون) والتي تجد طريقها للرئة خلال الطبخ (القلي) والكنس وتطهير السجاد والموكيت وهي المسببات الأولى للإصابة بالربو .

ويقاس مدى تلوث الهواء الجوي بالجسيمات الغبارية المتراكمة والعالقة بعد ترسيبها أو ترشيحها بأي من الطرق التالية ثم تقديرها .

طرق عزل ملوثات الهواء الجوي الجسيمية عقب اتباعها

يتم عزل ملوثات الهواء الجسيمية من الهواء الملوث بمجرد اتباعها أو بثها من مصدرها فقد يركب مرشح (Filter) على مداخن المصانع الخاصة بتجهيز وطن وتعبئة الأسمنت حيث لا تفيد تغطية المداخن فيحد منها أو التخلص منها .

وكما سبق تتفاوت هذه الجسيمات في درجة أحجامها فمنها الصغيرة جدا (كالدخان - الضباب والأبخرة) وغالبا ما تكون بشكل دقائق كروية أو صفائح أو بصورة ليفية (fibers) أو صفائحية (Flacks) أو إسفنجية مثقبة تحتوي تقويعها على غازات ، وعليه فتباين تفاوت الحجم والشكل تختلف طرق العزل والتخلص منها ، لذا فمن الأهمية بمكان إجراء تحليل أولي لها لمعرفة حجمها وشكلها قبل التخطيط لعزلها :

عزل ملوثات الهواء الجوي الجسيمية بالترسيب :

يتم عزل الملوثات الجسيمية المنتشرة بالهواء الجوي بطرق تعتمد على وزنها من خلال ترسيبها بإحدى الطرق التي غالبا ما تعتمد على صفاتها الطبيعية والكيميائية ، وفيما يلي بعض الأمثلة :

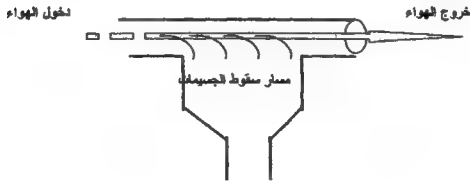
١-١- غرفة الترسيب : Settling Chamber

أبسط وسائل الترسيب تصميمًا للجسيمات العالقة بالهواء فهي بمثابة عزل ميكانيكي جانبي من خلال خفض سرعة الهواء الملوّث المار مع تغير اتجاه مما يؤدي بدوره لترسيب الجسيمات العالقة به تحت تأثير الجاذبية وبمساعدة تعتمد على شكل وحجم وكثافة هذه الجسيمات بالإضافة إلى لزوجة الهواء المنتشرة فيه ، شكل رقم (١-٥) ومن خلال قانون ستوك يتم حساب :

سرعة هبوطها : $W =$
الجاذبية الأرضية (g) \times مربع قطر الجسيم (d^2) \times كثافة الجسم (δ) - كثافة الغاز المنتشرة فيه (p) لزوجة الغاز (η) $\times 18$.

كما يمكن حساب وقت الترسيب (t) :
ارتفاع منطقة الترسيب/وزن الجسيمة (w) طول غرفة الترسيب (L)/سرعة الهواء (V)

وقد تهمل قيمة كثافة الغاز المنتشرة فيه الجسيمات وهو الهواء (P) لصغرها مقارنة بكثافة الجسيمات وعموما يطبق هذا القانون على الجسيمات المتراوح قطرها بين ١٠٠-١٠٠٠ ميكرون حيث يعطي القانون نتائج أقل دقة مع الجسيمات الأصغر من هذا المدى لتأثرها بالحركة البر وائية .
وبدراسة التوزيع التكراري لحجوم الجسيمات (التوزيع الحجمي) مع سرعة هواء معينة يمكن تحديد مواصفات (أبعاد) غرفة الترسيب :



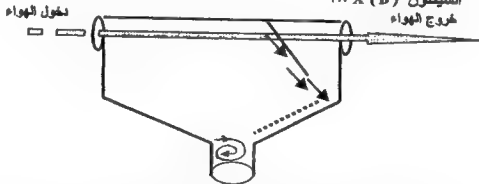
شكل رقم (١-٥):تخطيط لإحدى نماذج غرف عزل ملوثات الهواء الجسيمة

١-٢- غرفة الصّد :الطرد المركزي : القصور الذاتي
(Baffle Chamber)

حيث تستغل الطاقة الحركية للجسيمات عند التقدير الفجائي لمسار الهواء الحامل للجسيمات العالقة (دوران إعصاري : دوامة) فتلعب هنا قوة الطرد المركزي دورها في فصل الجسيمات بالترسيب ، شكل رقم (١) .

ولقد أمكن بتصميم خاص الجمع بين خاصتي تغير الاتجاه وقوة طرد الدوران المركزي في غرفة واحدة سميت بالسيكلون (cyclone) فتتأثر الجسيمة بقوة الجاذبية المؤثرة على الجسم (F) والتي تساوي كتلتها (M) في عجلة الجاذبية (g) وبقوة الطرد المركزي (مربع سرعة الهواء (V^2) / قطر الدوران (R)) أي أنها غرفة ترسيب يعتمد مبدأ الترسيب فيها على قوة الطرد المركزي عند التغير الحاد في اتجاه الهواء لأسفل فترتطم بالقاع وكلما زادت حدة تغير الاتجاه كلما زاد فعل الطرد المركزي على الجسيمات. كما انه عند خروج تيار الهواء من الغرفة فإنه يكون دوامات أصغر قطرا وعليه تعتمد كفاءة السيكلون على حجمه وصفات الهواء الحامل وحجم الجسيمات وشكلها ووزنها ، وعليه تكون :

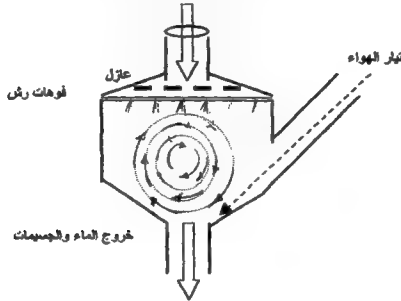
كفاءة السيكلون (E) =
كثافة الحجم (ρ) . مربع قطرها (d²) . سرعة الهواء عند الدخول/لزوجة الغاز (η) . قطر السيكلون (D) X ١٨



شكل رقم (٥-٢): رسم تخطيطي لإحدى نماذج غرف عزل ملوثات الهواء
الجسيمية بالصّد (الطرد المركزي)

١-٣- عزل الجسيمات بالغسيل : Scrubbing

حيث يتم عزل الجسيمات نتيجة تلامسها لقطرات الماء (كعزل ميكانيكي رطب) حيث تقوم القطرات بخفض سرعة الهواء وتغير اتجاهه وهنا يتحد فعلى الجاذبية والقصور الذاتي مما يؤدي لزيادة عجلة الجاذبية ، كذلك تتحد الشحنة الألكتروستاتيكية للجسم والمخالفة لمثيلاتها بقطرة الماء فيتجاذبا علاوة على تأثير ظاهرة الحركة البروانية للجسيمات الصغيرة (> ١٠ ميكرون) بجانب أن ملامسة القطرات للهواء الحامل تخفض حرارته وتشبعه بالرطوبة فيزداد تكثيف أبخرة الماء بصورة قطرات على سطح الجسيمة فتتكون بذلك أتوية كبيرة تعزلها عن المجاورة لها وهنا تبدأ البشايير (فوهات الرش) عملها بواسطة سرعة تيار الهواء فكلما زادت سرعة الهواء الملوث المار يزداد تحفيزها للرش في برج الرش الجانذب (Gravity Spray Tower) ، شكل رقم (٣-٥) .

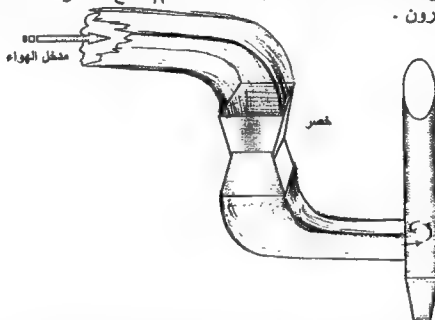


شكل رقم (٣-٥): تخطيط يوضح إحدى نماذج غرف عزل ملوثات الهواء الجسيمية بالغسيل .

١-٤ وحدة الضيل ذات الطاقة العالية : Venturi High Energy Scrubbing

وفيها تكون فتحة الدخول أوسع ثم تتحصر تدريجياً فتتصارع جزيئات الهواء نحو الضصر فتتغير سرعته فترسب الجسيمات بكفاءة تساوي تركيز الجسيمات الداخلة - الخارجة / الداخلة $\times 100$ ، شكل رقم (٥-٤) .

فتبلغ كفاءتها ٤٢% بهواء سرعة ١٥ م / ث مع قطرات ماء ٣٢٠ ميكرون
 فتبلغ كفاءتها ٧٥% بهواء سرعة ٣٠ م / ث مع قطرات ماء ١٦٠ ميكرون
 فتبلغ كفاءتها ٩٥% بهواء سرعة ٦٠ م / ث مع قطرات ماء ٨٠ ميكرون .
 فتبلغ كفاءتها ٩٩% بهواء سرعة ٩٠-١٢٠ م/ث مع قطرات ماء ٥٥-٤٠ ميكرون .



شكل رقم (٥-٤) : رسم تخطيطي يوضح إحدى نماذج غرف عزل ملوثات الهواء الجسيمية بالضيل ذو الطاقة العالية .

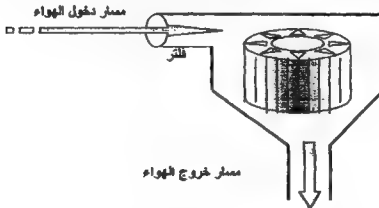
٢- عزل ملوثات الهواء الجوي الجسيمية بالترشيح :

وهي طرق عزل للملوثات بالحجز طبيعي للجسيمات الملوثة للهواء باستخدام وسط معاملي طبيعي أو صناعي يعوق مرور الجسيمات ذات القطر

الأكبر من الثقوب ويمرر فقط الهواء ويتم اختيار هذا الوسط المسامي بما يتناسب و حجم وكمية وتركيب الجسيمات الطبيعي والكيميائي وسرعة وحرارة الهواء حتى لا تتأثر هذه الملوثات الجسيمة ويراعى تنظيف المرشح من وقت لآخر خاصة إذا ما التصقت ببعض هذه الجسيمات بالمرشح والتي غالبا ما تكون صغيرة ومشحونة ويجب الأخذ في الاعتبار أن الثقوب قد تؤدي لتغير فجائي في اتجاه مسار حركة الهواء فترسب الجسيمات بجانب المرشح أما الجسيمات الدقيقة والتي تنفذ من المرشح فترسب غالبيتها بحركتها البروانية وفيما يلي بعض الأمثلة :

٢-١ حصىرة الألياف : Fabrous Mats

حيث تشكل الألياف (قطن - صوف - نايلون - صوف زجاجي) بهيئة حصر (mats) ذات مسافات بينية مختلفة وكثافة متفاوتة حيث تمرر بالتالي خلالها الهواء بسرعات متفاوتة ٢٠-٥٠ م / د فتحتز الجسيمات الأكبر في قطرها عن الثقوب البينية شكل رقم (٥-٥) فكلما زادت كثافتها أي درجة كبسها قلت حجم الجسيمات التي تحتجزها ويفضل استخدامها مع ملوثات الهواء الجسيمية ذات التركيز المنخفض والجدول رقم (٥-٢) يوضح أمثله لبعض الألياف المستخدمة والخصائص المميزة لكل منها .



شكل رقم (٥-٥) : رسم تخطيطي يوضح إحدى نماذج المرشحات المستخدمة في عزل ملوثات الهواء الجسيمية بالترشيح

٢-٢ المرشح الليفي : Fabric Filter

مرشح ليفي أو لبادي يستخدم مع تيار الهواء الشديد حيث كفاءته في العزل عالية ويصمم بحيث يكون معدل تصريف الهواء خلاله منخفض (٦-١٢سم) وكثافة الليف أو اللباد غير كبيرة حتى لا يضيع ضغط الهواء وهنا لا توجد علاقة بين معدل تعرف الهواء وكثافته أو بين كفاءته وتركيز الجسيمات بالهواء فيعتمد نجاحه على عاملين :

أ- إمكانية إزالة الجسيمات المترسكة من وقت آخر فتزداد كفاءة المرشح
ب- إمكانية تنظيفه بالجريان العكسي (عكس اتجاه دخول الهواء به) كما تتوفر إمكانية اختبار مادة الليفة وبهذا تصل كفاءته إلى ٩٩% خاصة مع الجسيمات ذات القطر الصغير ٠,٠١ ميكرون ومناسب للتركيزات المنخفضة والعالية من الجسيمات الملوثة ونوعية الجسيمات المختلفة (حرة السريران Free Flowing)، ذات الأحرف الحادة والتي تلتف حول الألياف خاصة أثناء التنظيف بالسريران العكسي (Reverse flowing) .

ويكون معدل الترشيح اليومي للجسيمات (ملج / م^٣) = وزنها (F) × ١٠٠٠ ÷ حجم الهواء المرشح (Y) م^٣/ساعة × ٢٤ ساعة .

جدول رقم (٥-٢) : خصائص مواد الألياف المختلفة

درجة مقاومتها		درجة الحرارة المقاومة لها	مادة الليفة
للقاعدة	للحمض		
متوسطة	عالية	٩٠	الصوف
عالية	منخفضة	٩٠	القطن
عالية	منخفضة	١١٠	النايلون
متوسطة	عالية	١٢٠	أورلون
عالية	عالية	١٣٠	تريلين
عالية	متوسطة	٢٠٠	نورسكس
عالية	عالية	٢٣٠	تفلون
متوسطة	متوسطة	٢٧٠	صوف زجاجي
عالية	عالية	٤٠٠	حديد مقاوم للصدأ

٣- عزل ملوثات الهواء الجوي الجسيمية بالترسيب الإلكتروني :

Electronic Precipitation:

حيث تبنى فكرة عزل الملوثات الجسيمية هنا من خلال استمرار الهواء الملوث على مجال كهربى متأين من قطبين كهربيين يبلغ الفرق في الجهد بينهما ٢٥-١٠٠ كيلو كهربى (Corona Discharge) فتكتسب الجسيمات شحنة كهربية سالبة تجعلها تتحرك نحو القطب الموجب وتتراكم عليه و تزال من عليه من وقت لآخر بسهولة لفحصها .

وهنا تتأثر سرعة حركة الجسيمات تجاه القطب على عوامل يصعب التحكم فيها لذا يعتمد تصميمها على الخبرة المتعاقبة وليست معطيات رياضية وهي :

أ- الجريان الانسيابي : Laminar Flow

لتصرف الهواء ولزوجته ودرجة حرارته وسرعة ورطوبته الغير محبذ
ب- قطر الجسيمات :

وشكلها وكثافتها وتركيبها فيمكنها إزالة جسيمات ذات قطر ابتداء من ٠.٠١ ميكرون.

ج- قوة المجال الكهربى :

ودرجة حرارته والتي يجب ألا تزيد عن ٤٥٠ °م ونوعية السبائك المصنع منها لتقادي التآكل .

٤- عزل ملوثات الهواء الجوي الجسيمية بالموجات الصوتية والفوق صوتية:

تتميز بتجميعها جسيمات سائلة (ضباب Mist) لحمض معتمدة على الطاقة الصوتية للمساعدة في تكتل الجسيمات مما يسهل عزلها إلا أن هذه الطريقة تضر بأذن العاملين والمحيطين بها بالإضافة لاحتياجها لطاقة عالية لإعطاء الموجات الفوق صوتية .

٥- شريط جمع النماذج الجسيمية والدخان Sticker tape:

شريط ورقي بقطر ٢٥ سم يقوم بجمع الجسيمات / ٥ دقائق / ساعة
ثم يجزم أو يعرض للأشعة منسوباً إلى سرعة الهواء المار عليه في زمن
التعريض وتكون القيمة الناتجة في صورة :

أ- معامل ضباب خفيف (Haze Coeff.)

ب- معامل امتصاص (COH)

حيث تمثل وحدة COH بكمية الجسيمات المؤدية لكثافة ضوئية قدرها
٠,٠١ ويعطي الجهاز قراءات COH/١٠٠٠ م طول من الهواء ويعيها
عدم إمكانية القياس للجسيمات السائلة أو التوزيع الحجمي لها ولهذا طور
بأشعة بيتا بدلاً من الضوء العادي .

قياس تلوث الهواء الجوي بالجسيمات :

ويقاس مدى تلوث الهواء بالجسيمات (العالق والمتراكم) بإحدى الطرق
التالية :

١- الترسيب Sedimentation :

وذلك تبعاً لتفاوتها في الوزن مع فعل الجاذبية الأرضية.

٢- الترشيح Filtration :

وذلك تبعاً لتفاوتها في الحجم الجسيمي (التجزئة الحجمية Size
Fractionation).

٣- الترسيب الحراري Thermal Precipitation :

بإمرار تيار الهواء المحمل بها بين قطبين بهما سلك مغطى بمادة
ضروية وموصل بدائرة كهربية فعند اندفاع الهواء وسريان التيار الكهربائي
تلتقط الجسيمات الملوثة بين القطبين .

٤- القصور الذاتي Internal separation :

حيث يمرر الهواء المحمل بالجسيمات الملوثة خلال زاوية حادة ليدور
بعدها في حين معين فتترد الجسيمات وتتفصل لمجموعات تبعاً لوزنها حيث
تتفصل بمناخل مرتبة تنازلياً تبعاً لطول أقطارها .

٥- المصائد Traps :

لجمع الجسيمات الغبارية العالقة من خلال سحب الهواء لمصيدة فتحتجز على مرشحات مدرجة / فترة زمنية و في النهاية تحسب كمية الجسيمات العالقة من خلال الفرق في وزن ورقة الترشيح قبل وبعد التشغيل .

٦- الوعاء المفتوح (الأسطح اللاصقة) :

حيث يتم وضع كمية من الغبار في جردل خلال القياس و بعد الإنهاء يتم حساب الوزن الزائد والمعبّر عن الغبار المتراكم (الساقط) على مساحة الوعاء وطورت بعد ذلك باستخدام جار الغبار المتراكم القياسي (Standard drivist fall jar) وعند القياس يعبأ لنصفه ماء ثم يوضع داخل صندوق مربع وبعد مرور ٣٠ يوم يفحص الماء المتبخر وترفع الأوراق التي قد تكون ترسبت فيه ثم ييخر الماء يوزن الغبار المتراكم ويقسم على قاعدة الجار ومنها يحسب كمية الغبار بالطن / كم ٢ تحت الظروف الطبيعية أو تدرس مكوناته لمعرفة فحواها الكيميائي .

٧- قياس الكربون الحر بالغبار المتراكم (الساقط) :

حيث تؤخذ وزنه ويضاف إليها ٢٥سم^٣ من حمض النتريك المركز ٧٠% ثم تغلى على سطح ساخن / ٢٠ دقيقة ثم يخفف المحلول الى ١٢٥ملل من حمض الهيدروكلوريك ٦ عياري ويترك ٢٤ ساعة . يفصل الجزء الغير ذائب بالترشيح ويجفف على درجة ١٠٥ ° م بوزنه المتبقي (ف ١) ثم يوضع الجزء الغير ذائب بجفنه موزونة بدقة ويحرق على درجة ٥٧٠ °م / ساعتين ثم يوزن ويحسب وزن المتبقي (ف٢) .

$$\therefore \text{النسبة المئوية للكربون الحر} = \frac{\text{ف١} - \text{ف٢} \times 100}{\text{ف١}}$$

الباب السادس

تلوث الهواء الجوي بالسموم الزراعية

تلوث الهواء الجوي بالسموم الزراعية

تعد دراسة سلوك أو انهيار وتداخل جزئيات السموم الزراعية وممثلاتها في الهواء (كذلك الماء والتربة) عملية أساسية في المقام الأول للتأكد من أن الهواء الجوي كمكون بيئي أساسي لن يكون في خطر من جراء استخدامها فأمسى واضحا دخولها للغلاف الجوي بالعديد من الطرق (من خلال التطاير والانحراف والتبخر ٠٠٠ بعد المعالجة) ولكن المراد توضيحه هنا هو الكميات التي تبقى به والتفاعلات التي تتداخل فيها والتي غالبا ما تؤدي لانهيارها في النهاية ، شكل رقم (٦-١) .

فعلى سبيل المثال أستهلكت الولايات المتحدة الأمريكية عام ٨٨ حوالي ١٥ مليون طن من مبيدات الآفات وهذا في حد ذاته يعني وصول ١٥٠٠ مليون كيلو جرام من جزئيات هذه السموم على اختلاف تركيبها للهواء الجوي المحيط بالكرة الأرضية (التربة - المسطحات المائية - الكتلة الحية) كذلك أشارت البحوث أن ٩٥ % من السموم الهيدروكربونية العضوية والمستخدمه في المناطق الاستوائية حيث الارتفاع في درجات الحرارة يكون مزارعها أو قعدها الرئيسي عن طريق التطاير والتبخر للهواء الجوي .

أي أن جزئيات السموم الزراعية ومبيقاتها (Residues) في النهاية تجد بعض جزئياتها طريقها للغلاف الجوي من خلال عدة طرق تتفاوت فيما بينها لكنها كلها طرق متعددة لتلوث الهواء الجوي علاوة على أن تلوث الهواء الجوي بها يبدأ من أماكن تخليقها وتجهيزها وتعبئتها حتى مكان تداولها وتطبيقاتها حلقيا (Out door) أو داخل المنازل (In door) ثم يلي بعد ذلك أماكن غسيل معدات تطبيقتها وأماكن التخلص من مبيقات عبواتها وكذلك عبواتها الفارغة .

وتتوقف كميتها الواصلة للهواء الجوي سواء يتطاير بعض جزئيتها أثناء الرش وانثارها أو انجرافها (Drift) سواء بالرش الأرضي (Ground Spraying) أو الرش الجوي (Aerial Spraying) والأخيرة تمثل أخطر وأقوى مدخل فعال

شكل رقم (٦-١): مسار مدخلات السموم الزراعية للهواء الجوي كإحدى مكونات النظام البيئي

لجزئيات هذه السموم للهواء الجوي وبكلاهما يلاحظ أن نسبة من قطرات الرش خاصة الدقيقة تجرف مع الهواء أما النسبة الباقية فتسب وتسقط على الأسطح المعاملة (غالبا ما تكون نباتية) وعلى سطح التربة من بين المسافات البيئية للأسطح المعاملة وغالبا ما تكون ذات قطرات كبيرة الحجم . أما القطرات المتوسطة الحجم والتي تتوزع على الأسطح المعاملة قد تتحرك نسبة منها مع تيارات الحمل الصاعدة لأعلى بالهواء أو تصبدم بالأسطح السفلية للأسطح البنائية المعاملة وأثناءها تكون قد فقدت كمية من ماء قطراتها بالبخر فيقل وزنها كثيرا وأن لم تصبدم من جديد فإنها تتحرك مع الهواء الساخن لأعلى أي أن النسبة المحددة لما يتلقاه السطح المعامل أو التربة أو الهواء الجوي يتحكم فيها عامل حجم القطرات (Drop Size) كفعل غير مباشر للضغط المستخدم أو أي وسيلة تدرير أخرى وارتفاع مخروط الرش (Spraying Cone) عن السطح المعامل وسرعة واتجاه الرياح ودرجة الحرارة أثناء المعاملة ويزيد من درجة وصولها للهواء الجوي أكثر كما سبق استخدام

الرش الجوي أو الرش بالحجم المتناهي الدقة (Ultra Low Volume) حيث تزداد بها أكثر نسبة الفقد في جزيئات المركب بالانجراف مع الهواء ، شكل رقم (٦-٧) .

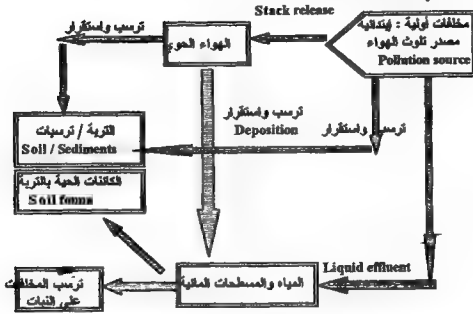
وفي الحقيقة ل يعد استخدام السموم الزراعية : (Agrotoxicant) أي المبيدات خطيئة بشرية بيئية فاستخدامها أمر لا بد منه ولكن هنا يتحتم اتباع مفاهيم أسلوب السيطرة المتكاملة على الآفات (Integrated Pest management) ل IPM ليتسنى تحقيق الهدف من حيث :

أ - فهم وإدراك النظام البيئي الزراعي (Agroecosystem) بالبيئة المطلوب فيها اتباع أسلوب السيطرة المتكاملة على الآفات من حيث العمليات الزراعية المختلفة وعدم ترك بقايا محاصيل مصابة بعد الحصاد وكذلك توقيت المعاملات الزراعية المختلفة (Timing of agrotreatments) واستخدام الطرق الزراعية والميكانيكية والحيوية والطبيعية والوراثية والتشريبية .

ب- تخطيط النظام البيئي الزراعي (Agroecosystem planning) حيث يعمل علماء كيمياء المبيدات (السموم الزراعية) جنباً إلى جنب مع علماء النبات والآفات والفسولوجي مما يحقق في النهاية إنتاج متكامل عالي مع تجنب حدوث مشاكل معاكسة .

ج- دراسة العلاقة بين التكاليف والفائدة (Benefit) الناجمة وكمية الضرر (Risk) أي اقتصاديات أسلوب السيطرة المتكاملة على الآفات مع الأخذ في الاعتبار أنه ليس الحصول على محصول عالي دليل على الفائدة حيث تكثيف استخدام السموم الزراعية يقود لتقليل أو الحد أو لمنع الفقد في المحصول وليس في زيادته فحوالي ٧٠% من كمية المركب المعامل به تصل للبيئة في النهاية وقد تكون بصورة أشد خطورته من المركب نفسه. وإذا ما أنشأ في الاعتبار النسبة المتساقطة أثناء المعاملة على سطح التربة فوجد أن نسبة منها تعود ثانية للهواء الجوي لتطايرها أو لرفعها بتيارات الحمل الصاعدة أو لتبخرها .

مخلفات المسموم للهواء الجوي :
 • معالجات جوية وأرضية (Aerial & Ground application)
 • تطاير وجفاف بالرياح (Drift) ثم إنتشارها
 • إلقاء الحبوب الفارغة والمخلفات مباشرة أو بعد معالجتها
 • تصفيل التربة والجسيمات الملوثة
 • تصفيل الأسطوانات الملائمة والمارة على هواء ملوث
 • التفتيش والتطهير من مساحات أرضية ملوثة



شكل رقم (٦-٧) : مسار التلوث المختلفة بين مكونات النظام البيئي

كذلك فاستخدام المدخنات (Fumigants) في عمليات التخزين المختلفة (Fumigation) وهي مواد إما غازية أو سائلة وذات ضغط بخاري عالي الجودة ودرجة غليان منخفضة ومواء أكان استخدامها بحيز مقل أو مفتوح (كالصوامع وأماكن الحجر الزراعي بالمواني والمطارات) وهنا يزداد مستوى تلوث الهواء لهذه المناطق بالمسموم الزراعية كذلك فمعدل نوبان جزئيات هذه المركبات في الماء أو الرطوبة الجوية النسبية وكذلك نوعية تجهيز المركب السام دورها في زيادة مدى التلوث أيضا فالعوامل الجوية دورها كما سبق مثل سرعة واتجاه الرياح في ساعات النهار كذلك تضاريس المكان كلها عوامل مؤثرة في توزيع وانتشار جزئيات هذه المركبات بالهواء

فسريانها وانتشارها ثم توزيعها بالهواء يحكمه ديناميكيات حركة الهواء (Aerodynamics) وهو ما يتطلب قياسات دقيقة عن مستوى تركيزها بالهواء والقياس الدقيق لسرعة واتجاهه والتسدرج الحراري والمقاس بالقابلات الحرارية الساخنة (Asserred Thermocouples) .

كذلك تتأثر سرعة بخر القطرات وتطاير محتواها من المركب السام المستخدم على نوعية المذيب : ملدة التجفيف والتي غالبا ما يكون الماء لرخصه وتوافره والذي غالبا ما يحتوي على متبقيات السموم الأخرى وصلت إليه بالتطاير أو الاثجراف أو التشرب كذلك فالبخار المتحرك فوق الأسطح المعاملة (نبات - تربة) وطبيعة هذه الأسطح تتعد من العوامل الهامة والمؤثرة في سريان هذه الأبخرة في الهواء .

فجزئيات هذه السموم والمتفاوتة من حيث تركيبها الطبيعي والكيميائي بعد بخرها تتبع دورات يومية معتمدة على الحرارة (مصدر الشمس) ودرجة الثبات الهوائي وكلاهما يصل لذروته عند الظهيرة ثم ينخفض تدريجيا بحلول الليل وهنا يقل عامل البخار والتطاير .

والتقنية المقترحة لدراسة عامل التطاير (Volatiztion) تصور وجود طبقات من المركب في صورة فيلم رقيق يغطي السطح المعامل وتفترض وجود طبقه من المركب مرتبطة بهذا السطح (Stagnate Boundary Layer : SBL) وبسبب ارتباطها فان حركتها تكون متوقفة على الانتشار الجزئي فهي عامل محدد ، أما سمك هذه الطبقات فيتوقف على المواد المساعدة المضافة عند تجهيز المركب (كالمواد المبللة واللاصقة : Wetting sticking) وعلى طبيعة السطح المعامل وطريقة تعامله . وتحدث الحركة من هذه الطبقة للطبقات الأخرى بالنقل الدوامي (Eddy Diffusion) للطبقات المتجاورة أما الطبقات السطحية منها فيعتمد على النسبة بين الضغط البخاري ومعدل الذوبان للجزئي في الماء .

وعملية التطاير عملية معقدة لتداخل العديد من العوامل المؤثرة على حركة الجزئي من وإلى السطح فهناك عمليتان مترتبان وهما التطاير من

التربة ومحلول المركب ومن المركب ومن محلول التربة وهوائها و المتأثرتان بكثير من العوامل الطبيعية كالضغط البخاري ومعدل السريان وطريقة المعاملة (فوق سطح التربة أو بدفنها) ودرجة توزيع التربة حيث تحل جزيئات الماء محل جزيئات المركب المرتبطة بحيبيات التربة ، كذلك درجة حرارة التربة فارتفاع الحرارة يزيد من حركة جزيئات المركب إلى السطح بالانتشار كذلك يؤدي لافتراد بعض الجزيئات من النسبة الممتصة والممتصة على أسطحها وهنا تتداخل عوامل أخرى بطريق غير مباشر مثل احتواء التربة على محتوى عضوي فيزيد النسبة الممتصة وتزيد درجة قوة الانمصاص ونوع وطبيعة الحبيبات والشحنات عليها) ، كذلك انسياب الكتلة مع الماء والذي يسحب للسطح تدريجيا بتأثير عامل السحب التدريجي لحركة الهواء والتيارات الدوامية الهوائية الساخنة ومستوى درجة تطاير لجزيئات المركب (والتي تعتمد على الصفات الطبيعية لجزيئي المركب) كما أن درجة الحرارة تعمل على نقص التدفق البخاري نتيجة جفاف سطح التربة حيث يؤدي جفاف سطح التربة ولو لعدة مليمترات نقص عامل التطاير ولح كبير وفي نفس الوقت تؤثر الحرارة على التوازن بين الامتصاص والانمصاص لجزيئات المركب من الماء والتربة .

كذلك فبعض العمليات الزراعية مثل حرث وعزق الأرض لها تأثيرها الفعال على معدل تطاير جزيئات السموم المرتبطة بسطح حبيبات التربة والذي في يزداد في التربة الخفيفة والصفراء والرملية لكبر مساحة المسافات البينية بين حبيباتها وبالتالي حجم الهواء الذي يشغل هذه المسافات وارتفاعه منها لأعلى .

وبمجرد انتشار (Diffusion) جزيئات السم عبر الطبقة الحاجزة فإنها تتحرك وتدخل للطبقة المحيطة بالكواكب (Planetary Boundary) وهي أقل طبقة في الغلاف الجوي وهي محدودة التحرك الراسي والأفقى لجزيئات السموم حيث أنها تتلامس مباشرة مع الأسطح المعاملة (نبات - تربة - أسطح) كما يحدث فيها اختلاف وتذبذب ارتفاعا وانخفاضا طول النهار وهو ما يعتمد بدوره على درجة الحرارة ونوعية السطح والمسافات البينية وكمية الكساء الأخضر عالية علاوة على اندماجها مع الدوامات الهوائية والرياح وتيارات

الحمل الصاعدة ولكل هذه العوامل أثرها على الانتشار والتوزيع بهذه المنطقة وعليه يمكن أخذ عامل الجهد الحراري المؤثر (Potential Temp. Profile) لوصف هذه المنطقة حيث التدرج الواضح من حيث درجات الحرارة ولهذا فأتساءل الليل وتنقص درجات الحرارة يقل عمق ارتفاع هذه الطبقة المحيطة لتتناقص درجة الدوامات وهذونها ونتيجة لذلك فإن كثافة جزيئات السم تتناقص تدريجيا مع الارتفاع في هذه الطبقة لنقص انزلاق طبقات (Up-sliding) الهواء الساخن على الكتل الهوائية الباردة الثقيلة كذلك لنقص الحركات الدوامة الهيدروليكية مما يؤدي بدوره لنقص الانتقال الرأسى لأعلى والأفقى بهذه الجزيئات ومع بزوغ الفجر وظهور أشعة الشمس مرة أخرى تنشيط تيارات الحمل الصاعدة ودوامات الرياح الغربية والشرقية والشمالية والجنوبية الشرقية فتريد انتقال هذه الجزيئات عبر الهواء للمناطق المجاورة .

ويلاحظ أن معدل توزيع أبخرة هذه الجزيئات باختلاف أنواعها بالهواء يعتمد على فترة بقاء وثبات المركب نفسه في الهواء (Time Residence) فبمجرد وصول جزيئات المركب للغلاف الجوى فإن درجة بقاء متبقيات به بالهواء تتوقف على صورتها (حالة بخارية- جسيمات) وتفاعلات التحول المختلفة التي يحدث لها التفاعلات الكيميائية لجزيئي مع مكونات الهواء الجوى الأخرى والتحول الضوئى الهادمة (Photodecomposition) بتعرضها لأشعة الشمس حيث يمتص الأشعة فوق بنفسجية بين ٢٩٠-٤٧٠ نانومتر فيحدث لها تكسير أو إعادة ترتيب وضع الذرات في الجزيئي خاصة مع جزيئات السموم الفوسفورية أو الحلقية أو العطرية حيث يمتص الجزيئي أشعة الشمس في أكثر من تفاعل أو نتيجة تفاعل جزيئات المركب مع الأكسدة الضوئية (Photochemical Oxidation) مثل الأوزون ومجاميع الهيدروكسيل والأكسجين الذري أو الهيدروبيروكسيد وهما يصعب على الباحث تمييز نواتج التحلل الضوئي في الهواء من حيث هل حدثت في الجزيئات المنتشرة في الهواء أو بالجزيئات الممنصة على الجسيمات العالقة بالهواء والتي من الممكن أن تكون جسيمات تؤثر في تحولات المركب أو غير نشطة (لا يحدث تفاعل في جزيئي المركب) كما أن هذه الجسيمات قد تعمل كنواة يتكثف عليها بخار الماء (سحب - ضباب) وهنا تتوزع

الجزئيات المدمصة عليها في الوسط المائي المكثف حولها ومنه الرطوبة بالهواء الجوي أو يزداد تكثيفها فتسقط في صورة جزئيات مطر ملوثة ولهذا يعتمد درجة ارتباط جزئيات المركب مع الجسيمات على ضغطه البخاري وكمية ومساحة حجم هذه الجسيمات ومحتواها العضوي ودرجة حرارة الجو المحيط .

وتتراوح فترة نصف الحياة (10.5) لجزئيات السموم الفوسفورية العضوية من دقائق لعدة ساعات وبعد وقت كافٍ لتوزيعها في الهواء يلاحظ أن نواتج هذه السموم تكون أكثر قطبية عن المركب الأصلي أي أكثر ذوباناً في رطوبة الهواء الجوي وهنا يسهل إزالتها بعمليات الاستقرار للهوائي الرطب (الترسيب) سواء في صورة ضباب - ندى - رذاذ وذلك تبعاً للصفات الطبيعية والكيميائية للمركب والعوامل المناخية الجوية وعليه قطرات المطر يمكن اعتبارها عامل لتركيز جزئيات السم .

والاستقرار الهوائي الجاف لهذه الجسيمات وما تدمصه بالجاذبية الأرضية وهذا يتوقف على حجم ومساحة سطح الجسيمات وهو ما يؤثر على سرعة استقرارها وهنا يجب الأخذ في الاعتبار بأن جزئيات السموم الملوثة للهواء الجوي كلها تكون على صورة جسيمات صغيرة الوزن والتي لا تميل للاستقرار بأي منها بسرعة كذلك فإنه كلما كان وزن الجزئيات تتغير كلما زادت حركتها مع الدوامات والرياح وفي نفس الوقت تزداد درجة انمصاصها أكثر على هذه الجسيمات (لزوجتها) حيث يمكن دراسة معدل التوزيع للجزئيات السامة بين البخار والجسيمات بالمعادلة التالية :

$$\text{جزئيات المركب المرتبطة بالجسيمات} = \frac{\text{التركيز (C) X مساحة سطح الأيروسول (φ) (سم}^2\text{/سم}^3\text{) }}{\text{درجة حرارة الدوامة (P) + درجة حرارة البخار φ X}}$$

ومن الصعب للحصول على سجلات عن السموم الزراعية ومنظمات النمو المستخدمة سواء بالدول المتقدمة أو النامية خاصة إذا ما كانت السيطرة الحكومية على استخدامها محدودة خاصة بالدول النامية ، وتعد السموم

الحشرية هي الأكثر انتشارا بالدول النامية في حين سموم الخشخاش هي الأكثر انتشارا بالدول المتقدمة وبعد أخطر طريقين : مسارين (Routes) للتسمم بها الهواء هما الاستنشاق أو الملامسة أو عن طريق الفم .

الباب السابع

تلوث الهواء الحراري

يعد التلوث الحراري (Air - Thermal Pollution) كإحدى الملوثات الطبيعية (Natural Pollutant) في صورة موجات حرارية متفاوتة في طولها الموجي والمنبعثة في شكل طاقة كوانتم (Quanta) تسير بخطوط مستقيمة لارتفاع حرارتها عن الصفر المطلق (-273°C) ويتوقف طولها الموجي بالميكرون على درجة حرارة الجسم المشع لها كالحرارة المنبعثة عن صهر وصب المعادن ومصانع السيراميك والزجاج والخزف والمسابك .

ويؤثر التلوث الحراري على أعضاء جسم الكائنات الحية في صورة وأنهاك حراري Hot Prostration:Exhaustion أو بصورة ضربة شمس Stroke (Sun) وتقلص حراري (Hot - Cramps) وحمو نيل (Heat rash : Pricklyote) وإغماء حراري (Hot Syncope) واحتباس العرق والارتشاح الحراري (H.Oedema) واحتقان الملتحمة الدموي (Conjundivate Hyperemia) ورمد الضوء الكهربائي (Phatsphthblamia) وإظلام العدسة (Contract) وحروق الشمس (Sun Burn) وأخيراً أورام سرطانية خاصة بالأشعة فوق بنفسجية (U.V. carcinoma) لذا يراعى إبعاد العاملين المصابون بجروح (Wounds) أو ارتجاج بالمخ (Concussion) خاصة كبار السن منهم Oldaged أو النساء أو ضعاف البدن (Physical fitness & Non Physiological) مما يستلزم ومعه الكثف الدوري على العمال وتعاطي أطعمة كثيرة الملح مع تغيير هواء المكان باستمرار بتكثيف الهواء الضاغط للهواء البارد أو الطارد للهواء الساخن (Exhaust) أو الماص للهواء بحيث لا تزيد الرطوبة النسبية عن ٨٠% وعدم استخدام مزيل الرطوبة (Dehmmidifier) ونحو حركة مناسبة (٣٠ قدم / ث / 18°C)

والذي يزداد بزيادة تلوث الهواء وارتداء ملابس عازلة وعدم الصيام وتناول أقراص ملح بماء بارد (١٠٠٠-١) ، أما في حالة درجة الحرارة المنخفضة جداً (البرودة) والمؤدية لظهور فقاعات بالجلد مع تساقط جلد الأصابع والمؤدية لأمراض الدورة الدموية .

وللتغير في درجة حرارة الجو أثره على العمليات الحيوية والفسيولوجية بالجسم وبالتالي على الأنشطة البشرية فلكل كائن حي درجة حرارة مثلى

لحياته (Optimum temp) وفيها تسير جميع العمليات الحيوية والفسيولوجية على أحسن صورة كما أن لمداهما المعين يمكن للكائن خلاله أن يظل حيا رغم الانخفاض في معدل كثير من العمليات الحيوية والفسيولوجية سواء بارتفاعها أو انخفاضها عن الدرجة المثلى (حيث يزداد أو ينخفض النشاط الحيوي والفسيولوجي بانخفاضها أو ارتفاعها عن الدرجة المثلى) وارتفاع الحرارة التدريجي سوف يؤثر على كل شيء في الأرض وقد يجعل الحياة فيها متعذرة عليها فيتعرض الغذاء لجفاف التربة وتعرض الغابات لخطر الاحتراق بالاحتكاك في نفس الوقت يؤدي الحريق لزيادة CO2 في الجو ويؤدي بدورها لتعرض سطح البحر للارتفاع .

كذلك ما يشجع على ارتفاع الحرارة الانبعاثات الكربونية التي في تزايد مستمر للضرر على الصحة كذلك الغازات الكلوروفلوروكربونية وإزالة الغابات تساهم امتصاص الغازات (ثاني أكسيد الكربون) والتظليل (خفض درجة الحرارة) فهذه الغازات ووجودها بالهواء الجوي يعمل على حجز الحرارة المنبعثة من الأرض مسببة ما يعرف بتأثير الصوبة حيث أنت لارتفاع مستوى الحرارة الكونية بمعدل ٠,٣-٠,٦ م° خلال هذا القرن وهو ما يؤثر بدوره بشكل ملحوظ في المناخ الكوني فبعض غازات الهواء (ثاني أكسيد الكربون وبخا الماء والميثان وأكسيد النيتروز ومركبات الفلوركلوروكربون) تمرر أشعة الشمس لكنها في نفس الوقت تمتص الإشعاعات الحرارية (الأشعة تحت الحمراء) المنبعثة من الأرض .

وللمدى الأمثل حدين حرجين : حد حراري أقصى وأدنى (Maximum & Minimum Temp Limit) فارتفاع الحرارة عن الحد الأقصى ٤٥-٦٥ م° يؤدي لانتساع الأوعية الدموية المغذية للجلد والأطراف فتوارد كميات كبيرة من الدم للجلد والأطراف فترتفع درجة حرارتهما ومن هنا تتسرب الحرارة الكامنة خارج الجسم في نفس الوقت تقل كمية الدم المتجهة للمخ مما يؤدي لنوار (دوخة) وصداخ وانخفاض ضغط الدم وقد الكائن لوعيه كما أن قيلم الكائن بمجهود عضلي جسماني كبير بالجو يؤدي لفقد الجسم نسبة كبيرة من الماء في صورة عرق يحمل معه نسبة كبيرة من الأملاح وقد بلازما الدم لنسبة أعلى من الماء فيقل حجم السائل الدوراني وتزداد بذلك نسبة كرات الدم الحمراء (أي زيادة نسبة الهيموجلوبين بالدم) وهنا تكون الأملاح

المفقودة في صورة كلوريد صوديوم فيقل تركيز الكلور السالب والصوديوم الموجب فيؤدي لمشاكل في النفاذية وتزداد أكثر عندما يعوض ذلك الفقد بشرب مياه تؤدي لتخفيف نسبة البلازما والأملاح بالجسم فيضطرب الجسم أكثر لاضطراب كبير في العمليات الفسيولوجية خاصة بمناطق اتصال الخلايا العصبية العضلية محدثة تقلص بالعضلات كعضلات المعدة والأمعاء) قيئ : Vomiting) .

وعند مصاحبة ارتفاع الحرارة ارتفاع درجة الرطوبة النسبية أيضا يؤدي لاضطراب وتدمير تدريجي لمراكز تنظيم الحرارة بالجسم فيعقد الاتصال بين المركز والغدة العرقية بالجسم فتتوقف عن إفراز العرق أي لا يحدث فقد للحرارة الزائدة عن الجسم للجو المحيط وهنا ترتفع حرارة الجسم لأعلى من 40°C فتقف العديد من الإنزيمات عن العمل لحدوث تشوه في بروتينها (Denaturation) فيستمر الصداع والدوران والقيء ثم فقد الوعي والتشنج وقد تلف عضلة القلب فتؤدي للموت .

وقد يؤدي ارتفاع درجة الحرارة لطفح جلدي كما سبق يؤدي بدوره لإفراز كمية عرق كبيرة يصعب تبخرها فتضعف طبقة الكيراتين خاصة بالأماكن الغير مغطاة فتلتهب كما أن لارتفاع الحرارة أثره على الجهاز التناسلي فارتفاعها عن 39°C يؤدي لتلف الحيوانات المنوية بالخصية وكذلك البويضات وارتفاعها أكثر يزيد التلف ويؤدي لحدوث تشوهات بها مع انخفاض نسبة حيويتها (خصوبة الذكر) فتزداد نسبة العقم ولهذا خلقها الله بمكان خارج الجسم ومحاطة بكيس الصفن الرقيق ودرجة حرارتها دائما أقل من درجة حرارة الجسم .

أما تأثير الحرارة المنخفضة فتؤدي لزيادة نشاط عضلات فزيادة التمثيل الغذائي لإنتاج الطاقة اللازمة في صورة حرارة ويزيادة مدى التعرض يؤدي لاضطراب العمليات الفسيولوجية خاصة الإنزيمية فتحدث نوار وقدن الذكرة وغيبوبة وموت أما بزيادة مدة التعرض ولكن بدون القيام بنشاط فتؤدي لضيق الأوعية الدموية خاصة الموصلة للأطراف مؤدية فيقل ورود

الدم فتزرق وقد تؤدي لغر غرينا (قتل الخلايا الحية) واحمرار الأطراف
مؤدية للأشعاع الفجائي للأوعية الدموية .

كما يؤدي ارتفاع الحرارة إلى منع تبعثر (Dispersal) السموم الجوية من
مكان اتبعائها فالسموم يمكنها التفرق والحركة بفعل الرياح إلا أن الجبال
المحيطة بالوديان يمكنها أن تحد (Hinder) هذه العملية كذلك ما تفعله المباني
العالية بالمدن فعملية التفرق (البعثرة) تعتمد على الحركة الرأسية للهواء
والتي بدورها تعتمد على (Convection) فكل ما يعلو سطح الأرض يتحد
بذفنها فتقل كثافة عن الهواء البارد التي يعلوها ويرتفع تاركا الهواء البارد
ليحل محله وبهذه الطريقة فان حركة الهواء تنتج وتبعثر وتوزع السموم .
وفي بعض الأحيان تتغير ظروف المناخ ، فتحل كتلة هواء باردة أسفل
كتلة الهواء الساخن حيث تستمر عدة أيام وهو ما يعرف بظاهرة (
Temperature inversion) وهنا يحجز السموم وتتراكم في كتلة الهواء الباردة
ويزداد تركيز الطبخن (Smog) وكتائير غير مباشر فان طبقة الأوزون
بالأستراتوسفير (والتي تحجز أكثر من ٩٩% من الأشعة فوق بنفسجية
الضارة ذات الطاقة العالية والمؤدية لأخطار على الكائنات الحية) .

الباب الثامن

ملوثات الهواء الميكروبية
(البيولوجية)

ملوثات الهواء الميكروبية (Air-Microbial Pollution)

تلعب الميكروبات دورها في تلوث مكونات النظام البيئي (Ecosystem Components) خاصة الهواء الجوي : ملوثات الهواء الميكروبية (البيولوجية) (Air-Microbial Pollution) فانتشار هواء ملوث في بيئة محيطة به يؤدي إلى تلوثها و حدوث أمراض للإنسان (بالجهاز التنفسي كالالتهاب الرئوي - السمل - اللوزتين - السعال - الأنفلونزا - الدفتيريا - حمى الروماتيزم) لاحتواء الهواء على كائنات حية دقيقة حيوانية أو نباتية مرئية وغير مرئية كالفطر والبكتيريا والفيروس والأوليات الحيوانية وكلما كانت هذه الكائنات دقيقة كلما زاد واتسع معدل انتشارها :

١- ملوثات بكتيرية : Bacterial Pollution :

كائنات وحيدة الخلية دقيقة لا ترى بالعين المجردة بل بالمجهر حيث تبلغ حجمها ٢ - ١٠ ميكرون وهي كتلة سيتوبلازمية تحتوي على حبيبات دهنية وجليكوجين وتوليندين وريبوسومات (بروتين + حمض الديوكس نيوكليك DNA) ونواة تحتوي على مادة وراثية (DNA) وبحالة حرة في السيتوبلازم والذي يمتد منه أسواط (سوط أو أثني) تمر من جدارها للخارج وتحاط بغشاء رقيق بروتيني وقد تحاط بغطاء واقى كالمحفظة (الكبسولة) لمقاومة الظروف الغير مناسبة أو قد تحمي نفسها بالتجزم حيث يتكون جسم صلب داخلها يتخلله جزء من مكونات النواة .

وبعد أنواع البكتيريا تفرز سموم تضر بنسيج الكلى والعظم أو يتأثر بها القلب أو تصيب الرئة أو تؤثر على القناة الهضمية (قىء - إسهال) أو تعيق وتمنع وصول كرات الدم البيضاء للبكتيريا أو تفرز مواد تمنع التجلط عند حالات النزيف لتكميرها آل فيبرين كما أن بعض إفرازاتها تحلل كرات الدم الحمراء .

وتتميز الملوثات البكتيرية بعدم قدرتها على التغذية الذاتية لعدم احتوائها على بلاستيدات البناء الضوئي .

ومن أمثلة الملوثات البكتيرية بالهواء الجوي :

أ- مكورات رئوية *Pneumococcus* :

والمسببة للالتهاب الرئوي والسحائي والأغشية المحيطة بالملح والحبوب الشوكي والأنز وملحمة العين والجيوب الأنفية . وتحدث بها استنشاق الهواء الملوث بها عن طريق الرذاذ المتطاير من أنف وفم المرضى أو البصاق أو تناول مائية مصابة بها لتركيزها بالأعفاء .

ب- عصبويات حرة *Anthrax* :

بكتريا عصبوية موجبة تسبب الحجرة الخبيثة الرئوية بالجلد فتلهبه وتنقل العدوى باحتكاك أو اللمس أو الاستنشاق .

٢- ملوثات هواء فيروسية *Air V Pollutants* :

وهي أجسام دقيقة للغاية (فجار خلية بكتيرية يمكنه احتواء الآلاف من الفيروسات) ، وتتركب من أحماض نووية أو أجزاء منها يحيطها غلاف بروتيني . وهناك فيروسات تصيب البكتريا وتحتوي على نوع معين من البروتين موجود في تركيب ليفي يعرف بالذيل عن طريقة تتصل بخلايا العائل وتحتوي هذه الفيروسات على حمض الديزوكسي نيوكليك (DNA) .

وتتواجد الفيروسات بمفردها أو في تجمعات بللورية عديدة الأسطح تحتوي على عدة ملايين منها وتظهر بشكل عصوي أو أبري أو دائري . وتتواجد الفيروس بجسم العائل فانه يسخر خلايا العائل لصالحه فتخلق بروتينيات وأحماض نووية فيروسية بدلا من تخليقها لخلايا الكائن نفسه .

وطالما أن جسم الكائن خالي من الجروح لا تتمكن الـ ١٠ الفيروسات من النفاذ لدخله كما تعمل حموضة العرق على قتلها كذلك الإقراعات للزجة للأغشية المبطنة للتجاويف الداخلية للجهاز التنفسي والهضمي والبولي والتاسلي تشل حركتها كما أن محتواها الكيماوي (حمض الهيدروكلوريك) قد يؤدي لقتلها (كما بالمعدة) كذلك إفراز الصفراء من الكبد وإفراز

البروستاتا (بالذكور) أو إفرازات مهبلية (بالإناث) كما يؤدي حركة الأهداب السليمة بالخلايا بالقصبة الهوائية من أسفل لأعلى تجاه الفم والأنف لطردها للخارج عن طريق الكحة والسعال والعطس .
وفي حالة نجاح الفيروس من تخطي وسائل الدفاع الخارجية تبدأ وسائل الدفاع الداخلية (كالمصل والبلازما المحتوية على مواد مقاومة فعالة لسمها) في العمل ، كما تقوم الخلايا الأكولة (كريات الدم البيضاء) بالتهام هذه الميكروبات كذلك الخلايا الليمفاوية بالغدة التيموسية للقضاء على بعض هذه الميكروبات ، أما الخلايا الليمفاوية لنخاع العظم فتقوم بإنتاج الأجسام المضادة (Antibodies) .

٣- ملوثات فطرية Air Fungal Pollutants

تعد خلية الفطر اكبر من مثيلاتها بالبكتيريا وتحتوي على نواة أو عدة أنوية حقيقية بها المادة الوراثية ومحاطة بغشاء نووي وليست لها القشرة على التغذية الذاتية وتعيش مترمة على المواد العضوية باختلاف مصادرها .
وبانتشارها في الهواء والتربة والماء تسبب أضرار عديدة الكائنات الحية سواء بإفسادها الغذاء أو تطفلها وباستنشاق الهواء ومعه الأتربة والغبار العالق تستقر بمقدمة الجهاز التنفسي والهضمي ومنها تنقل للدماغ ومنه لسوائل أعضاء الجسم المختلفة .

ويعد مسطح الجلد بالإنسان والثدييات هو الحاجز الأول لاستقبال الفطريات وباستقرارها تبدأ في إفراز مواد تمكنها من التغلغل في طبقة البشرة فتظهر بقع حشرية تكثر مع الأشخاص المتعاملين مع الحيوانات المستأنسة وحمامات السباحة ومياه الصرف الملوثة أو بتشقق الجلد المصاب وتقرشه حيث تظهر فراغات مملوءة بسائل مائي ثم تتفجر فتلوث المكان المحيط في نفس الوقت عرض للإصابة بميكروبات أخرى .

٤- ملوثات هواء حيوانية (أولية) Air Animal Pollutants :

وهي كائنات حية دقيقة تتركب من خلية واحدة تقوم بجميع الوظائف الحيوية (تكاثر - تغذية - تنفس - إخراج) ويتحرك بأقدام كاذبة وتنفس الهواء وتعيش بالهواء الجوي والمياه والتربة

الباب التاسع

ملوثات الهواء المشعة

ملوثات الهواء المشعة

يتم تلوث الهواء الجوي بالأشعاعات الناجمة عن النظائر المشعة (الغير مستقرة فائقة الطاقة) والانفجارات الذرية (هيروشيما و نجازكي) والكوارث النووية (حادث مفاعل تشيرنوبل ١٩٨٦) والتي انتقلي بالرياح للسويد وفنلندا وسويسرا وإيطاليا والنمسا وبولندا والمانيا واليونان ورومانيا وكذلك الأبحاث الذرية (التي تلوث الهواء والماء والتربة والكائنات الحية الهوائية والأرضية والمائية) أو من السحب الملوثة بالنظائر المشعة والغبار الذري وتختلط من السحب الممطرة وتسقط مطرا ملوثا - أو التلوث بالنشاط الأشعاعي الصناعي (المفاعلات الذرية) والأشعاع الصناعي المؤين .

ويبلغ التلوث مداه عندما يصل للمادة الوراثية بهذه الكائنات الحية فالأمهات الحوامل عام ١٩٤٦ ظهرت على نسلهم تشوهات خلقية مختلفة مع تأخر في النمو قبل وبعد الولادة مع ارتفاع نسبة الإصابة بالسرطانات حيث ارتفعت نسبة الإصابة بسرطان الدم لتسعة أضعاف) .

وحيث يثبت في الهواء الجوي نتيجة الانفجارات الذرية نظائر مشعة (تتفق في العدد الذري أي ذات نواة تتساوي في عدد البروتونات والإلكترونات لكنها تختلف في العدد الكتلي ، أي تختلف في عدد النيوترونات) . ونظرا لكبر العدد الذري لهذه النظائر أي أحتواء نواتها على عدد كبير من البروتونات الموجبة المتنافرة بشدة في حين تميل للاستقرار التدريجي بفقد فائض الطاقة في صورة أشعاعات وذلك يتفكك نواة العنصر تلقائيا لنواة أصغر تحمل طاقة أقل وهكذا حيث أن الفرق بين طاقتيهما تصدر في صورة أشعاعات (جسيمات) تنبع ذات طاقة عالية نفاذة . وهذه النظائر المشعة تتفرد منها ثلاثة أنواع من الأشعاعات (الجسيمات) وهي :

أ- جسيمات ألفا (Alpha - particles) :

جسيمات تعادل أيون نواة ذرة الهليوم (^4He) وتحمل شحنتين موجبيتين . أما قدرتها على التأين فكبيرة لكبر سرعة انتقالها (٢٠٠٠ م / ث) .

تأثيرها على أنسجة الكائن الحي بسيط لعدم قدرتها على اختراقها بقوة نفاذها منخفضة جدا حيث تفقد طاقتها بسرعة كبيرة عند انتقالها بالهواء لتصادمها بجزيئاته قطعة ورق توقف سيرها. وعندما تكون مكثفة وتسقط على الجلد تؤدي لحروق وتخريب شديدين .

ب- جسيمات بيتا (Beta - particles) :

سيل من الإلكترونات تحمل شحنة سالبة وكتلتها تساوي كتلة الإلكترون وتسمى بالبوزترون .
لها قدرة على اختراق أنسجة الكائن الحي حتى ٢سم (حيث أنها أصغر من دقائق ألفا بتسعة آلاف مرة) لذا تقوى على النفاذ .
قدرتها على التآين متوسطة لكبر سرعة انتقالها (١٦٠٠٠ ميل / ث) .
تحدث شبه تلف عند اختراقها لقرنية الجلد في صورة حروق .

ج- أشعة جاما : (Gamma radiation) :

سيل من الفوتونات (الأشعة الكهرومغناطيسية) غير مشحونة وذات طاقة فائقة لذا تخترق أنسجة الكائن حتى الأعماق .
قدرتها على التآين ضعيفة للكبر سرعتها عند انتقالها (١٨٦٠٠٠ ميل/ث) .
باستنشاق الهواء الجوي الملوث بالنظائر المشعة أو الغبار الذري (أو بسقوطها مع الأمطار على المسطحات المائية والنباتات) فتصل للرتتين وتسير مع الدم وتتوزع على أعضاء الجسم المختلفة أو قد تصل عن طريق شرب المياه أو أطعمة ملوثة (لهذا ينصح بالتخلص من كل النباتات الموجودة على سطح الأرض وقت الفاجعة) .
وتحدث هذه النظائر تغيرات بجزيئات الماء الموجودة بخلايا الأنسجة (حيث يمثل الماء ٨٠% من وزن الجسم) متكون أيونات موجبة وأخرى سالبة كما تتكون جذور (شقوق) حرة (Free radicals) عالية الفاعلية (OH .)
(H.) وقد تتحد تلك الجذور وتكون H_2O_2 السام أو تتحد بخلايا وتتسبب جذور حرة مرة أخرى غير مرغوبة .

قد يحدث التلوث بالنشاط الإشعاعي طبيعيا بانطلاقها من الصخور الجرانيتية بقشرة الأرض (اليورانيوم والثوريوم) حيث يبلغ مستوى الإشعاعات الزرية بالساحل الجنوبي للهند ٣٩٧ ميلراد / سنة كذلك فتصل

للكرة الأرضية اشعاعات طبيعية غير مؤينة ويختلف النشاط الإشعاعي الطبيعي (التلقائي) من منطقة لأخرى لوجود عناصر غير مستقرة بالطبيعة بها طاقة زائدة لخالل في نسبة مكوناتها (البروتونات للنيوترونات) فيزداد بمناطق المياه المعدنية (ينابيع معدنية) أو من مناطق الصخور البركانية (حمم بركانية) ومترسبات قاع الهادي والأطلسي والهندي ومناطق الرمال السوداء بمدينة كولباري بالبرازيل والهند كذلك الشوارع المستخدم في رصفها رمال المونازيت ومنطقة الصخور الفوسفارية بفلوريدا وإفريقيا (يورانيوم) .

كذلك قد تتصاعد بعض الغازات المشعة طبيعياً للهواء الجوي من القشرة الأرضية أو المباني الخرسانية نتيجة تحلل بعض المواد المشعة بها مثل غاز الرادون (٢٢٢) والثورون (٢٢٠) .
كذلك توجد بأشعة الشمس خاصة عند بدء تكوين الأرض اشعاعات ولكن بمرور الوقت اضمحلت هذه النظائر المشعة لقصر فترة نصف العمر (النظائر المشعة الثابتة) أما الموجودة الآن فإن فترة نصف عمرها يزيد عن عمر الأرض لذا تسمى بالنظائر الأساسية ، جدول رقم (٩-١) :

مما سبق ولهذا أصرت وكالة الطاقة الذرية الدولية مواصفات يجب مراعاتها عند إنشاء المحطات النووية والمفاعلات الذرية لتقليل الخطورة الناجمة منها لأبعد حد : فيجب وأن تنشأ في منطقة خالية ومحظور دخول غير العاملين بها إليها ، ويحاط الموقع بمنطقة لا تقل قطرها عن ٢ كيلو متر وداخلها تتخذ كل الاحتياطات حيث يجب وإلا يزيد جرعة النشاط الإشعاعي داخلها عن ٠,٢٥ ريم بالنسبة للجسم ككل (أو ٣٠٠ ريم / ساعة بالنسبة للغدة الدرقية) .

ويحيط بهذه المنطقة منطقة أخرى بقطر ٢٠ كيلو متر يقل الكثافة السكانية للحد الأدنى حيث لا يجب وأن يتعرض المقيمون بها لأكثر من ٢٥ ريم خلال فترة أي حادث .

جدول رقم (٩-١) : بعض النظائر المشعة الأساسية وفترة نصف عمرها مقارنة ببعض النظائر الثانوية .

نوع الأشعة المنبعثة	فترة نصف العمر (سنة)	
β	٥٧٣٠	$^{14}\text{C}_6$
$\beta \gamma$	$^{10} \times 1,28$	$^{40}\text{K}_{19}$
$\gamma \alpha$	١٦٠٠	$^{226}\text{Ra}_{88}$
	$10 \times 4,68$	^{238}U
$\gamma \alpha$	$^{10} \times 1,7$	$^{235}\text{U}_{92}$
$\gamma \alpha$	$24,400$	$^{239}\text{Pu}_{94}$
β	١٢	$^3\text{H}_1$
$\gamma \beta$	٥	$^{60}\text{Co}_{27}$
$\beta \gamma$	٨ يوم	$^{131}\text{I}_{53}$

وتؤثر الأشعة على خلايا المخ والكلية والكبد و الجهاز المناعي فتتلفها وتحدث تشوهات خلقية وتخلف عقلي وطفورات بالأنسجة علاوة على سرطانات (لإصابتها بتأين بجزيئات الخلايا الدموية والعظام والرئة والغدة الدرقية) ، كما تحدث تلف بالجلد .

ولأشعة بعض النظائر صفة التراكم الحيوي بأنسجة الجسم كالعظام والمخ كما أنها تتداخل في السلسلة الغذائية بالنبات والحيوان والإنسان .

ويتعرض الأنسجة لأشعة مؤينة فإنها تعمل على إنتاج أيونات مشحونة غير مستقرة عالية الفاعلية تحدث مجموعة من التغيرات المباشرة لأصابتها بعض الجزيئات العضوية كالبروتين والكربوهيدرات والدهون المنتشرة بسيتوبلازم الخلية سواء بالأجسام السبحية (مركز الطاقة بالخلية فداخلها تفاعلات الأكسدة والاختزال للغذاء) أو بجسم جولي أو بالشبكة الأنزيمية

فتتخرب وتموت كما تؤدي لتكسير الغشاء المحيط فتطلق الانزيمات التي تقوم بتدمير الخلية نفسها .

أما إذا وقع تأثيرها على النواة (حيث الكروموسومات الحامل للعوامل الوراثية : الجينات) وحدث خلل بمادة الكروموسوم (DNA) فتؤدي لعدم قدرتها على أداء مهامها كالانقسام فتتموت الخلية دون تعريض ويموت بالتالي النسيج كله وإذا كان هذا النسيج عضو هام مات الكائن . أما في حالة عدم حدوث تحطيم أو خلل كلي في DNA فإن الباقي يسبب انقسام غير عادي (شاذ) وتتكون خلايا طفورية ذات مادة وراثية (DNA) جديدة ومختلفة قد تكون أولا تكون خاضعة لسيطرة الجسم و في الآونة الأخيرة يبدأ الانقسام بطريقة غير منتظمة فتتخطم الخلايا المجاورة وتسمى بالخلايا السرطانية . وقد يكون الخلل في المادة الوراثية الجديدة وهنا يحدث خلل في الشفرات الوراثية التي تحملها فتعطي صفات وراثية جديدة مختلفة تماما .

والضرر الناجم الجسدي نتيجة التعرض الحاد لأشعاعات مؤينة مرة واحدة يختلف باختلاف كمية الأشعة الممتصة (الجرعة) وطول مدة التعريض ونوع الأشعة وتتمثل أعراضه في :

- تلف خلايا نخاع العظام والمكون لكرات الدم الحمراء مما يؤدي لخلل في عددها ويؤدي لسرطان الدم .
- تلف في جهاز المناعة .
- احمرار وتقرح واحتراق الجلد .
- تأثير طبيعة جدر الأوعية الدموية الداخلية فتضعف وترق لأقل ضغط
- خلل في أداء وظائف الغدد خاصة الغدد الصماء مما يؤدي لخلل بوظائف الجسم كلها.
- تلف الخلايا العصبية فيفقد القدرة على التركيز والتحكم .
- تلف في الخلايا المنوية والغدد التناسلية فتتسبب الأجنة مع الأصابة بالعقم .
- تلف عدسة العين .

وزيادة الجرعة عن ٤٠٠ ريم تزداد الأعراض السابقة مع ظهور قيء خلال الساعات الأولى يعقبه فقد الشهية والغثيان (Nausica) وهبوط ونزاع ونزيف وارتفاع الحرارة ثم الموت خلال أيام .

وبالنسبة للجرعة التي يمكن وأن يتعرض لها الفرد سنويا يقال أنها ١٥٠-٢١١ مللي راد ورأي آخر يشير بوصولها الي ٥٠٠ مللي راد (أي ما يعادل ٥ ملل سيفرت) والسيفرت وحدة قياس التأثير الناتج عن امتصاص الأشعة ويستخدم للدلالة على الأثر الذي يعادل الإصابة : واحد سيفرت يعادل امتصاص ما مقداره ١ حول/طاقة/كج نسيج من الأشعة X أو ما بظافتها من اشاعات أخرى) في حين أن الراد وحدة قياس كمية الطاقة الممتصة فهي الجرعة الممتصة من الأشعاع والذي يؤدي لتحرير ١٠٠ جول/جـم نسيج ولكن غير مستحبة الاستخدام لقياس الأثر الإشعاعي لتباين الضرر بتأين نوع الأشعة :

فجرعة ١ راد من أشعة B تؤدي لضرر ٠,١ ما يسميه ١ راد من أشعة جاما .

أما بالنسبة للتعرض المزمن (Chronic exposure) لجرعات قليلة وفترات طويلة من الإشعاع وهو ما يظهر على العاملين بهذا المجال فلا تظهر الاعراض عليها الا بعد فترة طويلة من الزمن وعموما تبدأ الاعراض بـ :

أ- تغير لون الجلد لاختفاء صبغة الميلانين مع تشققات وتقرحات واحمرار بـ أماكن مختلفة يلي ذلك اتساع رقعتها وقد تضرر طبقة الجلد بمناطق مختلفة فتطمس البصمات مع ظهور أورام كالسنط .

ب- اتساع الشعيرات الدموية وتموجها وامتلائها بالدم وتلف بمرآكز تخليق الدم بخلايا نخاع العظمي ويقل عدد كرات الدم البيضاء وعدد الصفائح (يقل التجلط) .

ج- حدوث زيادة أو نقص في نسبة الكالسيوم بالعظم فيسهل كسره (نقص) .

د- تعتم عدسة العين تدريجيا مع ضعف البصر .

هـ- تشوهات بالحيوانات المنوية مع قلة عددها وحركتها لضمور الخصيتين والمبايض

- وحدوث اجهاض الحوامل .
و- التهاب رئوي وتليف وأورام سرطانية .

وتتوقف حدة الأعراض وكذلك الضرر الناجم على :

- أ- عدد مرات التعريض والفترة بين كل تعريضو الذي يليه (Number and Duration of exposure) فكلما قلت زاد الضرر .
ب- نوع الأشعة (Radiation type) .
ج- تفاوت درجة نفاذية .
د - الجرعة المتعرض لها (Dose of exposure) فيزيادتها يزداد الضرر الذي قد يؤدي للموت .
ويقاس التلوث الأشعاعي بأجهزة خاصة تختلف تبعا لنوع الأشعة المراد القياس مدى التلوث بها مثل :

- أ- عداد الفا Alpha counter .
ب- عداد جيجر Geiger calibrate : ويعمل على فكرة التريبع العكسي ويعد الجسيمات دون تحديد طاقتها .
ج- Isotope calibrate : تقيس نصف فترة العمر للنظير المشع (T0.5) أى يقيس الزمن الكافي لأن يصبح عدد التحولات للنصف .

ويقاس التأثير البيولوجي بوحدة الريم (الجرعة الممتصة بالجسم والحد المسموح به هو ٥٠٠ مللي ريم ، حيث يتعرض الإنسان الى ٢٠٠ مللي ريم سنويا من المصادر الطبيعية والطبية و المعملية ، فزيادتها عن ٥٠٠ مللي ريم (½ ريم) تؤدي للتسرطن كما أن الجرعة ٥٠٠ مللي ريم / ٦٠ يوم قاتلة .

ويقاس تلوث الهواء من خلال تلوث الجسيمات (الغبار - الأتربة العالقة أو المتراكمة) أما مياه المطر فيقاس محتواها من خلال جسيمات الفا وبيتا و جاما حيث تختلف طريقة القياس تبعا لكل نظير مشع ملوث :

ففي حالة السترونيوم ٨٩ : تحرق العينة / ٥٩٠ م تضاف بيكرونات الصوديوم ثم مادة مخليية فيترسب الستونيوم في صورة كربونات ويبقى هيدروكسيد الأمونيوم ويقاس وزنيا (Gravimetric) أو بالهيب (flame photometry) .

ففي حالة التريوم : حيث يسحب الهواء خلال ثلاث أسابيع بمعدل ١٠سم^٣/د خلال عمود مخليية مجفف على درجة ٥١٥٠م / ١٢ سنة ثم تقطر السيليكات وتمزج ٥ مللي بواسطة ٢٥ مللي من محلول قياس الوميض ويقاس بعدد بيتا .

أما في حالة الأشخاص المتعرضة فيتم الكشف عليهم تبعا لنوع الأشعة والنظير :

- أ- يكشف على الجسم كله في حالة أشعة جاما .
- ب- يكشف على البول والبراز في حالة أشعة ألفا وبيتا .
- ج- يكشف على البول عن المواد المشعة القابلة للذوبان .
- د- يكشف على البراز عن المواد المشعة الغير قابلة للذوبان .
- هـ- يكشف عن هواء الزفير والمخاط عن الهواء الملوث بالراديوم .

الباب العاشر

تلوث الهواء الجوي بالمطر الحامض

تلوث المياه بالمطر الحامضي (Air-Acid rain pollution) :

بعد المطر الحامضي (Acid rain) إحدى ملوثات الهواء الثانوية ويتكون نتيجة تداخل وتفاعل ملوثات الهواء الأولية مثل أكسيد النيتروجين والكبريت والكربون مع قطرات بخار الماء بالسحب المحملة بالغيوم وعند مقابلة هذه السحب لسحب أخرى ذات درجة حرارة منخفضة (باردة) تتكثف وتتساقط في صورة قطرات مائية حامضية على سطح التربة أو المسطحات المائية أو المنشآت خاصة المعدنية وهو ما تمثله المعادلات التالية :



أكاسيد الهواء
(ملوثات أولية)

رذاذ مطر حامضي $\text{pH} = 5.6$
(ملوث ثانوي)

فتعمل الأمطار الحامضية على تركيز العناصر البيئية الثقيلة الملوثة للهواء كالنحاس والرصاص والكاديميوم والموجودة بالهواء أو أثناء جريان الأمطار الهابطة على الصخور الغنية بها فتتحد معها أثناء جريانها بالمسطحات المائية .

وتعد المناطق الصناعية الساحلية منها (حيث ارتفاع مستوى الرطوبة الجوية) أكثر المناطق عرضة للمطر الحامضي خاصة المناطق المتراكم بها الثلوج حيث يتراكم معه وعند ذوبانها تحمل للمسطحات المائية في الربيع أثناء فترة النشاط الحيوي للكائنات الحية النباتية والحيوانية والبرمائيات .

وقد تتحرك السحابة المحملة بالمطر الحامضي من فوق مماء المدينة المتكونة فيها (مثل ما حدث أثناء حرب الكويت) فتسير مع اتجاه الهواء لمناطق أو بلاد أخرى مجاورة وتسقط عليها مطرا حامضيا.

وخطورة المطر الحامضي تتبلور في :

- حرق النباتات والمزروعات خاصة الحساسة منها مثل القرويات.
- وتسمم الحيوانات المائية .
- كما يؤثر على الخواص الطبيعية والكيميائية والحيوية للتربة (فتبطئ عمل الكائنات الحية المثبتة للنيتروجين فيها) كما تؤثر على الامتصاص وكل هذا يصب في السلاسل الغذائية (Food chains) والمترعب على قمتها الإنسان .
- كذلك تؤثر على الأبنية الحجرية خاصة إذا ما كانت أثرية (تاج محل) حيث أثرت عليه الأمطار الحامضية الناجمة عن الملوثات الأولية المتصاعدة من مدخن محطات توليد الكهرباء بنهر جابونا .
- كما يؤثر بشدة على المنشآت المعدنية كالكباري والأبراج والأبنية المعدنية والسفن عند ملامتها لأسطح المنشآت المعدنية والسفن فأنها تحرر منها عنصر الحديد ويزداد بذلك رصيدها السابق من العناصر الثقيلة بالحديد في نفس الوقت تصدأ هذه المنشآت المعدنية وتنتفخ .
- كذلك له خطورته على صحة الإنسان فيسبب التهاب في بطانة الأنف والعين والحجرة في بطانة الجهاز التنفسي .

ويقاس مدى التلوث بالمطر الحامضي من خلال :

- مدى تلوث الهواء بالملوثات الأولية الداخلة في تكوينه ونسبة الرطوبة بالمنطقة .
- أو من خلال قياس تركيز أس تركيز أيون الهيدروجين .
- أو من خلال الأثر الجانبي الضار (Side effect) له على المياه والأسماك والتربة .
- وتستخدم أشعة الليزر للاستدلال على تلوث الهواء بالمطر الحامضي وعلى كيمياء الغلاف الجوي وتحديد مصادر ومكونات وارتفاع السحب الغبارية ونوعية التفاعلات داخل الغيوم كذلك تستخدم الطائرات العمودية

(الهليوكوبتر) خلال طيرانها وسط هذه المسحبات بأخذ عينات وتحليل صفاتها الكيماوية .

ووقعت أمريكا وبريطانيا وكندا والنرويج اتفاقية الحد من المطر الحامضي بهدف تقليل جزئيات الهيدروكسيل بالغلاف الجوي لتنظيف الهواء من الملوثات حيث يحتوي الهواء الطبيعي على أيونات سالبة وموجبة (٤٠٠٠ أيون سالب/م^٣) وعندما يزداد تلوث الهواء بشكل عام يعد قياس الأكسجين الحيوي المستهلك للاستدلال على مدى تلوث الهواء وكذلك المياه. ولكن يجب التحفظ هنا فملوثات الهواء متفاوتة التأثير (قليل - متوسط - خطير) لنفس التركيز ، فخطورة تركيز حامض غاز الأمونيا يعادل أضعاف نفس التركيز من غاز ثاني أكسيد الكربون علاوة على أن تلوث الهواء بهذه التركيزات المختلفة يؤدي لتغير تركيز الأيونات السالبة .

فالماء النقي المعرض للهواء الطبيعي له أس تركيز أيون هيدروجين (pH) يبلغ ٥,٦ وذلك لاحتواء الهواء على كميات ذات تركيز بسيط من ثاني أكسيد الكربون (٠,٠٤) بينما الماء النقي المعرض لثاني أكسيد الكربون أس تركيز أيون هيدروجين (pH) يبلغ ٧,٠ أي عند حالة توازن مع ثاني أكسيد الكربون في الهواء وأن التفاعلات العكسية التالية تحدث وتؤدي لتكوين حمض الكربونيك ($\text{HCO}_3^- \cdot \text{H}^+$) :



ولوحظ خلال القرن الماضي ارتفاع حامضية مياه الأمطار والتلوج شمال أوروبا وشرق أمريكا لثلاثين مرة مما أدى لانخفاض أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) لمياه البحيرات والأنهار بهذه المنطقة من ٥,٦ - ٥,٠ نتيجة تكوين الأمطار الحامضية .

ويترسب الرذاذ الحامضي (المطر الحامضي) على الأسطح النباتية) عندما يوجد بالهواء بتركيز ٠,٠١ جز في المليون (ويتخلل داخل أنسجة الميزوفيل ويترسب بها فينبط عملية التمثيل أو البناء الضوئي (Photosynthesis) وتثبط العديد من الأنزيمات النباتية وجذور النباتات الحساسة و السطحية كما يؤدي لحرق المجموع الخضري .

أما سقوطه على التربة فيؤدي إلى تغير صفاتها الطبيعية والكيميائية وبالتالي درجة خصوبتها في حين سقوطه على المسطحات المائية خاصة المغلقة منها يؤثر على الأسماك والقشريات والبلانكتون فيقتل صغارها كما حدث في بحيرة أونتااريو بكندا والتي أصبحت ملوثة بدرجة كبيرة لقربها من محطات الطاقة التي تعمل بالفحم على الحدود بين أمريكا وكندا حيث تحمل السحب أبخرة الكبريت لكندا (حيث يمكن رؤية أثر أكاسيد الكبريت بوضوح بالمناطق الصناعية والساحلية وفي الصباح الباكر حيث الضباب العالية : الرخات الرذاذ الخفيف وتبلغ الجرعة القاتلة للنصف (LD₅₀) لحمض الكبريتيك ١٨-٦٠ ملج / م^٣ .

حيث تترسب الجزيئات ذات القطر ٢,٧ ميكرون بالقنوات التنفسية وسميتها تكون أكبر من مثيلتها ذات القطر ٠,٨ ويلاحظ أن نقص درجة الحرارة يؤدي لسرعة الموت لزيادة السمية ربما يرجع ذلك لتأثير البرودة على الحيوانات الاستوائية (Tropical) ويلاحظ أن زيادة تركيز الامونيا في الحشرة يؤدي لزيادة الامونيا التي تحمي من تأثير الحمض والموت يكون نتيجة نزيف (hemorrhage) / Capillary engorgement) وأديما (edema) .

فلو حظ في خنازير غينيا أن الجسيمات ذات أقطار ٧ ميكرومتر تؤدي لزيادة طفيفة في المقاومة أما عند أعلى تركيز (٣٠ مل / م^٣) فإنها لا تنفذ وتعمق كثيرا فتقف عند حتى القنوات التنفسية العليا حيث تؤدي لمقاومة أنفية (Nasal resistance) وترجع للانقباضات الإعراضية (Constriction) Obstruction مع الإفرازات المخاطية . أما الجسيمات ٠,٣ - ١ ميكرومتر وذات تركيز أقل من ٥ ملج / م^٣ فإن الاستجابة تكون أكبر عما في حالة الغازات المهيجة . أما الجسيمات ذات القطر ١ ميكرومتر فتؤدي إلى استجابة مماثلة لمثيلتها مع الغازات المهيجة (Irritant gases) وتزداد بنقص حجم الجسيمات .

الباب الحادي عشر

مراقبة وقياس تلوث الهواء الجوي

والعوامل المؤثرة على توزيع الملوثات بالهواء
الجوي

يتم مراقبة (Monitoring) وقياس تلوث الهواء (Monitoring Air pollution) (Assessment) دورياً بهدف تحديد كمية الملوثات الهوائية من مصادرها المختلفة وذلك من خلال جمع عينات هواء وتحليلها ودراسة العوامل الجوية المؤثرة على توزيعها (Distribution) وانتشارها وبالتالي تحديد تركيزاتها بالمناطق المختلفة تمهيداً لاتخاذ القرار المناسب للحد من تركيزها وعدم وصوله للحد الحرج (Threshold level) حتى لا يؤدي لردود فعل خطيرة على الصحة العامة (Public health) ويأتي ذلك من خلال نشر أجهزة القياس بأماكن متفرقة من المدينة أو المنطقة المنتظر تعرضها للتلوث خاصة المدن الصناعية و بالتالي تشكل وحدات المراقبة والقياس (وحدات محطات الإنذار) حجر الزاوية لوقاية هذه القلاع الصناعية من التلوث والحصول على صورة محددة للظروف التشغيلية للوحدات الصناعية وبالتالي تحديد أكفا مدى للعمل بها ومناسبة ذلك للعمال والآلات وعلى أساسها تصدر التشريعات البيئية لحماية البيئة من التلوث .

ولقد طورت أجهزة وحدات المراقبة والقياس (محطات الإنذار) من أجهزة تقيس وتقدر مدى التلوث من مصدر ملوث معين لأجهزة قياس أوتوماتيكية تسجل التلوث بصورة مستمرة علاوة على اتصالها بحاسب إلكتروني يستقبل هذه القياسات المستمرة ثم يتعامل معها طوال الأربعة والعشرين ساعة بهدف تحويلها لمؤشرات تمثل مستوى التلوث / ١٥ دقيقة ثم إعطاء متوسط لها بحدوده الدنيا والقصوى / ٢٤ ساعة سواء كل ١٥ يوم أو ستة أشهر أو كل سنة ثم توزع على الجهات البيئية المسؤولة عن ضبط النظام البيئي بهذه المدينة .

وتهدف عملية المراقبة وقياس التلوث إلى :

أ- تمييز وتعريف مصادر التلوث المختلفة والمؤثرة على خصائص أو صفات (Parameters) معينة بالهواء .

ب- التنبية والتحذير لوجود حالة من التلوث الهوائي وقياسها كميًا وكيفيًا (Qualitative & Quantitative assessment) قبل وصولها للحد الحرج .

ج- تحديد بدء مسار التلوث ثم اتجاهه أي التفهم الكامل لميكانيكية التلوث بهذه المنطقة .

د- إعطاء مؤشرات لمستويات التلوث على فترات متتابعة من الزمن للتعرف على :

* المستوى الموجود من التلوث

* أو درجة التحسن التدريجي به نتيجة اتباع إجراءات اتخذت للحد من هذه المشكلة وتحديد مصادرها وأسبابها.

وتتكون أجهزة القياس بمحطات الإنذار من ثلاث مستويات :

أ- فعند المستوى الأول للتلوث :

تنبيه بمنع حرق القمامة في الكمائن المكشوفة حتى لا يصل مستوى التلوث للمستوى الثاني حيث تبلغ نسبة أول أكسيد الكربون ١٠٠ جزء في المليون بينما الأكاسيد النيتروجينية والكبريتية ٣ جزء في المليون أما الأوزون فيكون ٠,٥ جزء في المليون .

ب- عند وصول مستوى التلوث للمستوى الثاني للتلوث :

يجري إيقاف حركة المرور وبعض المصانع الرئيسية في المدينة والمسببة في زيادة التلوث وهنا تبلغ نسبة أول أكسيد الكربون إلى ٢٠٠ جزء في المليون في حين الأكاسيد النيتروجينية والكبريتية بلغت ٥ جزء في المليون ووصل الأوزون إلى جزء في المليون .

ج- عند وصول مستوى التلوث للمستوى الثالث :

وهو ما يمثل الحد الحرج والذي يعني الإنذار بالوصول لحالة الطوارئ لاتخاذ الإجراءات اللازمة من قبل السلطة التنفيذية والتشريعية ثم من قبل المواطنين لتقليل الخطر على الصحة العامة

لأقصى ما يمكن كعدم مغادرة لساكن منازلهم وخاصة الأطفال ومنعهم من التجوال بالشوارع أو القيام برياضة المشي في الصباح الباكر وقد تصل لمنع التلاميذ من الذهاب لمدارسهم صباحاً ، وهنا يبلغ مستوى أول أكسيد الكربون ٣٠٠ جزء في المليون وتبلغ الأكاسيد النيتروجينية أو الكبريتية ١٠ جزء في المليون في حين يبلغ الأوزون مستوى ١,٥ جزء في المليون .

وطرق القياس تكون أما :

□ طرق مباشرة (Direct methods):

وذلك من خلال أخذ عينات دورية من الهواء ممثلة تماماً للواقع حيث تكون مواقع القياس داخل مصدر التلوث نفسه فتوضع المعدات على مداخن المصانع أو بوسط محطات توليد الكهرباء والطاقة لأخذ عينات دورية وقياس الكميات المنبثة منها بالهواء أو توضع حول المكان فوق مبنى مرتفع وهنا يتم قياس مستوى التلوث مع المسافات .

□ طرق غير مباشرة :

حيث يتم تحسس (استشعار) مصدر التلوث بمجمعات مناسبة عن بعد حيث تبث هذه المجمعات بالأقمار الصناعية أو الطائرات أو المناطيد فتتحسس أو تستشعر التغيرات في المجال الكهرومغناطيسي والموجات الصوتية وقوى الجاذبية وموجات الزلازل .

وتتألف وحدات المراقبة من :

أ- مواقع ثابتة :

ومنتشرة بأحاء معينة من المكان المراد دراسته وتزود بأجهزة قياس للتلوث حيث يعطي كل مكان (موقع) تقرير شامل دوري عن حالة التلوث التي وصلت إليه في الموقع .

ب-مواقع إضافية تبادلية :

لإجراء مسح قياسي أكبر للمنطقة وغالبا ما تكون في صورة مواقع محمولة متحركة (كرافن) لتغطية أكبر مساحة ممكنة واعطاء قياسات عنها .

ولقد حل استخدام فكرة التصوير الجوي واستخدام الأقمار الصناعية فسي المراقبة والقياس وذلك مكان المواقع الثابتة والإضافية حيث تقوم بتغطية شاملة (Global) وسريعة وفي وقت لحظي خاصة إذا ما كان مستوى التلوث وصل للحد الحرج وهنا يظهر للوقت المستغرق في القياس أهميته القصوى خاصة عند بلوغ التلوث ذروته .

ويمكن تحويل وحدة القياس السابقة : جزء في المليون (Part per million) إلى تركيز وزني كما يلي :

$$\text{التركيز الوزني (مللج / م }^3 \text{)} =$$

(جزء في المليون / الوزن الجزيئي الجرامى للملوث) × الوزن الجزيئي للغاز .

فعلي سبيل المثال التركيز الوزني (مللج / م³) من غاز أول أكسيد الكربون الموجود بتركيز ١٠٠ جزء في المليون هو :

$$\text{التركيز الوزني CO مللج / م}^3 = (٢٢,٤ / ١٠٠) \times ٢٨ .$$

العوامل المؤثرة علي توزيع الملوثات بالهواء الجوى :

تصل الملوثات للهواء الجوي وكما سبق بطرق متعددة ومتنوعة قد تكون بطرق متممة لحظية بكمعاملات المكافحة الأرضية (Ground Application) والجوية (Aerial application) أو بطرق غير متممة وعلى المدى الطويل مثل الاتجراف (Drift) والتطاير (Volatilization) والتبخر (Evaporation) والتي قد تصل متبقياتها لمسافات طويلة وخاصة مع القطرات ذات الأحجام

الدقيقة ، ومن هنا تبدأ العديد من العوامل الأخرى والتي تأخذ طريقها في توزيع وانتشار ثم إعادة توزيع (Redistribution) هذه الملوثات في نطاق أوسع مثل :

١- الرياح Wind :

تعد قوة واتجاه وسرعة الرياح عوامل هامة في توزيع ملوثات الهواء الغازية أو الجسيمية في نفس الوقت تعمل على تخفيف درجة التلوث من مكان لآخر لذا تحمي الجبال والغابات المناطق المنخفضة عنها (السهول) من حدة التلوث المهاجم لها من الخارج فتعمل كحاجز واقى لها في حين تكون خطورة التلوث بالغة الضرر إذا ما كان الملوث ناشئ في المنطقة المنخفضة نفسها ويحيط بها جبال أو غابات أشجارها عالية مما يجس أو يتصيد الملوثات داخلها وبدون حركة ، وهو ما حدث في مدينة دونورا بقاطعة بنسلفانيا .

ويلاحظ أن زيادة سرعة الرياح تؤدي لاتساع الرقعة المنتشرة فيها الا أنها في نفس الوقت تخفف مستوى درجة التلوث في المنطقة بل وقد تنقلها من مكان لآخر ويحدث العكس عندما تنخفض سرعة الرياح أو تسكن .

٢- الضغط Pressure :

للضغط الجوي تأثيره كعامل غير مباشر على سرعة واتجاه الرياح ، فالضغط بمستوى سطح البحر ١٠١٣,٧ رطل / بوصة مربعة بينما يبلغ الضعف على ارتفاع ١٨,٠٠٠ قدم .

كما أنها تسد الثغور علاوة على أثر بعضها السام على النباتات خاصة العناصر الثقيلة (لها تأثيرها السيئ أيضا على صفات التربة والخصوبة والكائنات الحية بها) كذلك لا يغفل أثر الأمطار الحامضية على المجموع الخضري فسيولوجيا (عملية النتج والتنفس والتمثيل وسد الثغور وحجب

ضوء الشمس عنها) ، والجدول رقم (١١-١) يبين مساحات الغابات الموجودة بسطح الأرض والنسبة التي تقابل كل فرد بالقارة الموجودة فيها الغابة :

جدول رقم (١١-١) : نسبة المساحة الخضراء التي تقابل كل فرد بقارات مختلفة

القارة	مساحة الغابة مليار/ (هكتار)	نسبة مساحة الغابة /مساحة القارة(%)	نسبة مساحة الغابة(هكتار) / شخص
أوروبا	١٤١	٣٠	٠,٢٤
آسيا	٥٢٠	١٩	٠,٣
أفريقيا	٧٥٣	٢٥	٣,٣٠
أمريكا الشمالية	٧٣٣	٣٩	٣,٦٠
أمريكا الوسطى الجنوبية	١٠٣١	٥١	٥,٤٠
أستراليا	٩٦	١١	٦,٠٠

٣-درجة الحرارة Temperature:

لدرجة الحرارة تأثيرها الفعال كعامل مباشر أو غير مباشر على سرعة و حركة الرياح ، فكلما ارتفعنا ١٨٠ متر عن سطح البحر انخفضت درجة الحرارة درجة واحدة مئوية . كما أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي لارتفاع طبقات الهواء الساخن والمشبعة بالبخار لأعلى (ومعها الملوثات) وعند مصادفتها لتيار هواء بارد تتكثف وتسقط مطرا حامضيا .

٤-طبوغرافية (تضاريس) المكان :

لطبوغرافية الأرض دورها في حركة الملوثات ودوراتها فالجبال وأشجار الغابات المرتفعة تحد من حركة الملوثات كما أن إحاطة المكان من

كل جوانبه بجبال أو تلال مرتفعة يؤدي لحصر بقعة التلوث خاصة مع انخفاض سرعة الرياح أو سكونها أو احلال كتلة هواء باردة محل كتلة الهواء التي فوقها .

كذلك فوجود مسطحات مائية (بحار - محيطات) مما يتيح حرية الحركة للهواء وعليه فان الهواء يلعب دوره بوضوح خاصة بتأثير درجة حرارة الشمس وحركة تيارات الهواء الباردة والساخنة .

٥- درجة وحجم الجسيمات العالقة :

حيث تحدث عمليات ترسب للجسيمات العالقة أثناء هطول الأمطار والتي غالبا ما تحتوي قطراتها على الرصاص والأكاسيد الكبريتية والنيتروجينية (المطر الحامض) حيث تتراكم قطرات الثلج حول الرصاص أو اليود العالق بالهواء فيكبر حجمها ويصل لمائة ألف ضعف حجم قطرات الثلج الغير ملوثة .

وكما صغرت حجم الحبيبات تعذر ترسبها فالحبيبات الأكبر من ميكرون قابلة للترسب وبالتالي لا تحمل لمسافات أبعد ، أما الجسيمات المستراوح حجمها من ١-١٠ ميكرون فتترسب على الأشجار والأبنية والجبال كما ترسبها الأمطار (خاصة للجسيمات ذات القطر ٢ ميكرون) أما الجسيمات المترراوح حجمها بين ٠,١ - ١,٠ ميكرون فتتجمع في حالة سكون الهواء فسي حين أن الحبيبات ذات الأحجام الأقل من ٠,١ ميكرون تسلك سلوك الغازات وتنتشر وتتوزع بالهواء تبعا لمرعته واتجاهه .

كذلك فشكل الحبيبات (كروية - صفائحية ٠٠٠) أثره على مدى انتقالها : فالحبيبات ذات الأسطح الخشنة تزداد فرصة انتقالها عن المستديرة أو الكروية الشكل .

كذلك فوزن الجسيمات له تأثيره في درجة توزيعها بالهواء الجوي كلما زاد وزنها زادت فرصة سقوطها السريع بمكان انتشارها في حين يحدث العكس فيزداد فرصة احتمال انتشارها من مكان لمكان أبعد وبوقت أقل (أسرع) .

ولقد أمكن ربط العوامل السابقة رياضيا في المعادلة الرياضية التالية والتي تعبر تركيز الملوث قرب المستوى الأرضي :

$$C = Qb / (UX^{2*}) \exp. - [(1/X^{2*}) . y^2 / Cy^2 . b_z / Cz^2]$$

- حيث Q : معدل انبعاث المادة الملوثة الكيميائية .
 b_z : ثابت خاصة بظروف المناخ
 U : متوسط سرعة الرياح .
 H : ارتفاع مصدر التلوث (الملوث) عن سطح الأرض .
 X : المسافة أسفل رياح المصدر (Downwind of source) .
 Q.p : معاملات الانتشار الدوامي (Eddy diffusion) .
 N : معامل الاضطراب (Turbulence parameter) .

٦- المسطحات الخضراء :

حيث تعمل المسطحات الخضراء كمرشحات طبيعية كالأحزمة الخضراء المقامة حول المدن خاصة الأهلة بالسكان والمزحمة بالمواصلات والمسطحات للخضراء القدرة على إعادة التوازن البيئي فالتبات يمتص ثنائي أكسيد الكربون ويعطي الأكسجين اللازم للحياة فمساحة قدرها ٣٥٧ فدان تغطي كمية أكسجين كافية لتنفس مليون شخص مدى الحياة فمساحة كيلو متر مربع أشجار تعطي ١٢٠٠ طن أكسجين / موسم نمو وفي نفس الوقت تمتص ١٦٤٠ طن ثاني أكسيد الكربون وفي نفس الوقت تعمل كمرشحات وحواجز طبيعية للهواء من ملوثات الهواء الجوي الجسيمية والغبار كما تقلل من سرعة الهواء الحامل لها في نفس الوقت فان اصطدامها بالأشجار يؤدي

لتعلق الجسيمات عليها وتترسب على أوراقها ثم تقع على سطح التربة المحيطة بالأشجار عند إهترازها بالهواء كما أنها تعمل على تلطيف درجة حرارة الجو تبعاً لشكلها الخارجي فالفرد في بريطانيا يخصه ٢٤ م^٢ وبأمريكا ١٨ م^٢ و بمصر ٢ متر مربع مساحة خضراء ويجب الأخذ في الاعتبار أيضاً أن المساحات الخضراء تزيد مستوى الأيونات السالبة في الهواء لثلاثة أضعاف مثيلتها في المساحات بدون كساء أخضر وهو ماله دور في زيادة نشاط الإنسان والحيوان ومقدرته على مواجهة الأمراض ، كذلك فلبعض أصناف الأشجار القدرة على بث رائحة طاردة لبعض الحشرات الطيبة نتيجة احتوائها على تربينات وزيت طيارة (Volatile oils) كأشجار النيم والكافور.

كذلك تحتاج السيارة الصغيرة المتحركة والمنبعث منها العادم إلى عشر شجرات ليتسنى ملاءمة تأثير العادم على البيئة حيث يمكن لشجرة واحدة امتصاص ما ينفرد من سيارة واحدة سارت ٢٥٠٠ كيلو متر / سنة ، لذا يراعى أن يكون عدد الأشجار المنزرعة أربعة أضعاف عدد السيارات ويفضل أن تكون هذه الأشجار مقاومة للتلوث ولها القدرة على امتصاص ٣٥% من الذبذبات (الضوضاء) التي تمر على سطح الأوراق وعندما تصل كثافة الأشجار إلى نسبة ٤٥ % (كالأحزمة المتعددة الأصناف) حول المدن تكون بمثابة الرنة المساعدة لرنة الإنسان فيمكن لشريط أخضر بمساحة كيلو متر مربع أن يبت ٣ طن أكسجين في الغلاف الجوي في نفس الوقت يمتص ثاني أكسيد الكربون من الهواء الملوث .

كذلك لوحظ أن تواجد بعض الأعشاب والشجيرات مثل عشب الثعلب يقوم ببعض العمليات الطبيعية الفسيولوجية التي من شأنها تحول وتراكم ثاني أكسيد الكبريت كما أن لبعضها القدرة على امتصاص بعض الملوثات والاستفادة من تمثيلها .

كما أن تشابك وتغلغل جذور هذه الأشجار بين حبيبات التربة تزيد من درجة تماسكها وتثبيتها فتقلل انتشار ونحات وجرف حبيبات التربة بالرياح

كعامل تعرية في نفس الوقت فإن ما يعطيه مجموعها الخضري أسفله من زيادة الرطوبة والظل يقلل من حمل الرياح لحبيبات التربة فتقل التعرية علاوة على أن التظليل وارتفاع الرطوبة أسفلها يخفض قيم درجة حرارة الجو خاصة الأشجار ذات المجموع الخضري العالي مع قدرتها العالية على الحد من أشعة الشمس المباشرة بامتصاصها نسبة منها أو كلها وفي نفس الوقت تقلل التبخر بطريق غير مباشر لتقليل الحرارة وسرعة الرياح . فشجرة الهوهو المكسيكية تتعدد فوائدها فبجانب أنها تقلل التلوث وتبث الأكسجين وتأخذ ثاني أكسيد الكربون و كمصد للرياح والتظليل الكبير كما أن بنورها غنية بزيت البترول ٥٠% وتغلغل مجموعها الجذري حتى ٣٠٠ متر وزيتها مقاوم للضغط والحرارة ويحتفظ بلزوجته فترة طويلة (زيت جيد لوقود السيارات) كذلك صعوبة تأكسده في الحرارة العالية والهواء .

في نفس الوقت وعلى الجانب الآخر نجد أن للهواء الملوث تأثيره الضار والسيء على النباتات فالأتربة والجسيمات العالقة تغطي أسطح الورقة فتقلل من التمثيل الضوئي كما أنها تسد الثغور .

أخذ وأعداد وتجهيز وأستخلاص وتنقية عينة هواء لتقدير مدى تلوثها
(Air - Sampling , Composting , Preparation , Extraction , Clean-up & Determination)

يتم أخذ عينات الهواء لتقييم مستوى درجة تلوثها بالسموم البيئية من خلال عدة أنظمة أو مصائد (Traps) تختلف من حيث تصميمها ونوعية المادة الصلبة أو السائلة المستخدمة بها لتصيد (Trapping) جزيئات الملوثات من الهواء ومن أمثلتها :

(١) نظام : Greensburg Smith Impinger System

ويتكون من قارورتان (2- impinger) سعة كل منهما ٥٠٠ ملل تملأ كل منها بواسطة ١٠٠ ملل من الإيثيلين جليكول (Ethylene Glycol : EG) ويتم سحب الهواء خلالها بمعدل ٢٨,٣ لتر (قدم مكعب) / د / ١٢ ساعة ثم تستبدل هاتين القارورتين بأخريتين وهكذا .

وتتميز هذه الطريقة في أخذ عينات الهواء كونها كمية (Quantitative method) حيث يمكن منها حساب كمية الهواء التي تم سحبها خلال هذه الوحدة بالنسبة للوقت وبالتالي يمكن حساب كمية الملوث / م^٣ هواء .

(٢) (Sequential air sampler)

وتعطي هذه الوحدة عينة كل ١٢ ساعة .

(٣) قماش شاش (Cloth screen)

وهي قطعة من القماش الشاش المصامي وقد يستخدم القماش من النوع شيفون (Nylon chiffon) وتبلغ مساحتها ٢ م^٢ (١/٢ X ١/٢ م) مثبتة على إطار أو برواز (Frame) خشبي لمهولة تثبيتها في المكان المراد أخذ

عينة منه ، وقبل تثبيتها يتم نقعها أو تبليلها في محلول ١٠% إيثيلين جليكول في الأسيتون كمصيدة للملوث الهوائي ويجب الأخذ في الاعتبار أن مادة المصيدة يمكن تغير نوعها تبعا لنوعية الملوث المراد تقديره أي حسب تركيبة الكيمياء ودرجة قطبيته .

حيث يثبت البرواز في المكان المراد أخذ عينة الهواء منه لمدة ١٢ ساعة (أو قد يثبت خارج الطائرات لأخذ عينات من هواء الطبقات العليا بالغلاف الجوي) يمر خلالها الهواء من تقوب مادة القماش فتتصيد مادة الإيثيلين جليكول الملوثات الكيميائية العالقة بالهواء خلال هذه الفترة .

وهنا لا يمكن تقدير كمية الهواء المارة عبر التقوب كما في الطريقة الأولى وهو ما يعيب هذه الطريقة ولكن تتميز بسهولة وبساطة تنفيذها وإجرائها ورخص تكاليفها وعدم احتياجها لطاقة كهربائية للتشغيل وهو ما قد يصعب توفره في بعض الأحيان بالأماكن المراد أخذ العينات منها .

وبعد إنتهاء المدة يتم استخلاص قطعة القماش بمخلوط استخلاص (زاحة) مناسب وتبعا لنوعية المركب المراد دراسته وغالبا ما يستخدم مخلوط الهكسان (غير قطبي) والأسيتون (قطبي) بنسبة ١:١ وقد يتم الاستخلاص بوحدة سوكسلت للاستخلاص المستمر ثم يبخر المذيب وتقدر متبقيات الملوث بالكروماتوجرافي الغازي حيث يبلغ معدل الاسترجاع بهذه الطريقة لمدى يتراوح بين ٨٦ - ١٠٠% جدول رقم (١١-٢) .

جدول رقم (١١-٢) : معدل الاسترجاع لبعض السموم الهيدروكربونية الكلورونية العضوية والفوسفورية العضوية

المركب	% لمعدل الاسترجاع	التركيز الموضوع ppb	أقل تركيز يمكن قياسه
باربارا - ننت	١٠٠	١,٤٠	-
باربارا - دد ا	١١٠	٠,٥٥	٠,٠٩
اندرين	١٠٦	١,٤٠	٠,٢٢
ديلدرين	١٠٤	٠,٨٠	٠,١٤
الدرين	٩١	٠,٢٥	٠,٠٤
B-سلس كلوريد البنزين	٩٨	٠,٥٥	٠,٠٩
ساس كلوريد البنزين	٩٣	٠,٢٥	٠,٠٨
٧ ساس كلوريد البنزين	٩٦	٠,١٤	٠,٠٣
اندوسلفان	١٠٦	٠,٦٥	0.N
توكسافين	٩٩	٢٦,٠	٤,٤٤
هبتاكلور	١٠١	٠,٢٠	٠,٠٤
هبتاكلور ايبوكسيد	١٠٢	٠,٣٥	٠,٢٤
ميركس	١٠٣	٣,٠	٠,٤٧
أروكلور	٩٧	٢٦,٠	١,٦٠
مالاثيون	٩٥	٨,٠	١,٤٠
رونيل	٩٤	٤,٠	٠,٧٠
ميثيل أزينفوس	٩٠	٨٠,٠	٢٣,٠
ايتيل باراثيون	٨٩	٦,٠	١,٠
ميثيل باراثيون	٨٦	٨,٠	١,٤٠
ديازينيون	٨٠	٢,٤٠	٠,٤٠

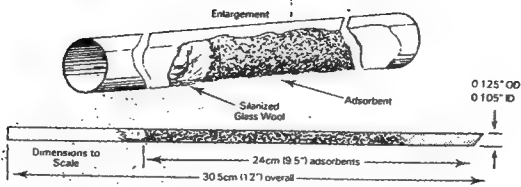
٤- شبكة نيلون (Nylon gauze) :

وتفيد كثيرا في جمع متبقيات الملاثيون (Malathion) الملوثة للهواء بالمناطق الزراعية أو بأماكن تخزينه حيث يتم استخلاص المتبقيات أيضا بمخلوط الهكسان والأسيتون وقد تستخدم شبكات سلك لا يصدأ (Stainless Steel nets) تغطي بطبقة من البولي إيثيلين جليكول (Poly Ethylene glycol) كمصيدة ناجحة لامتصاص المركبات الهيدروكربونية العضوية الكلورة (Chlorinated Hydrocarbons) كمركب الدنت ومثابهة ومماكناته & DDT (isomers analogues) كذلك الديلدين والألدين ثم تستخلص منها بواسطة البنزين .

وكذلك يمكن استخدام شبكة من الصوف الزجاجي (Glass Fiber Filter) تعامل بالأيثيلين جليكول وتعد مصيدة ناجحة جدا وكفاءتها عالية في جميع المركبات الهيدروكربونية العضوية خاصة الهالوجينية منها والمتطايرة منها بصفة أخص (Vaporized) أو الإيروسولات ويبلغ معدل الاسترجاع بها (Rate of Recovery) لنسبة تتراوح بين ٩٢ - ١٢٨ % (١١-٢) .

٥- وحدات أخذ العينات الصلبة (Solid Samplers)

وهنا يتم سحب الهواء خلال عمود زجاجي يشبه أعمدة الكروماتوجرافي (Column Chromatography) ، شكل رقم (١١-٢) حيث يتم حشوها (Packing) بمادة ادمصاص صلبة (Solid adsorbent support) مثل الكروموسورب ١٠١ (Chromosorb : 101) التي تتراوح حجم حبيباتها بين ٦٠-٨٠ مش أو ٢٠-٦٠ مش وتغلف بطور سائل (Liquid phase) مثل زيت البرافين ثم يسحب الهواء المراد اختياره من خلال العمود بمعدل يبلغ ١ م^٣ / دقيقة ويمكنه تصيد الهيدروكربونات العضوية والهيدروكربونات العضوية الكلورة (المهلجنة) جدا وكذلك مركبات التراي فلورالين (Trifluraline) ومثلاته الناجمة عن الهدم الضوئي (Photo decomposition) .



شكل رقم (١١-٢) : مصيدة ادمصاص لملوثات الهواء الجوي المتطايرة
(موصى بها من وكالة التلوث البيئي) .

وبعد انتهاء الوقت المحدد لأخذ العينة ، يتم إزاحة أو نزوع (Elution) المركبات التي تم ادمصاصها بنسب معينة أو تستخدم وحدة سوكميلت للاستخلاص باستخدام مخلوط المذيبات هكسان : أسيتون بنسبة ١ : ١ وتستمر فترة الاستخلاص بوحدة سوكميلت لمدة ٤ ساعات وتتميز هذه الطريقة بكفاءتها العالية ونسبة استرجاعها الكبيرة (٨٨-١٨٤ %) كذلك يمكن ملئ الأعمدة بكسر الزجاج (Glass beads) المغطى سطحه بالأيثيلين جليكول أو زيت بذرة القطن أو تملأ بمادة التيناكس (Tenax) وهي كمصيدة ذات كفاءة عالية لتصيد آثار مركبات البيفينول (Biphenol) أو تملاً بالجرافيت (Corbonblack) أو بمادة الكاربوناك الجرافيتية (Cerbopack graphitized) لتصيد الهيدروكربونات العضوية .

كذلك وجد أن مادة البولي يوريثان (Polyurethane) ذات كفاءة عالية جداً في ادمصاص وامتصاص جزيئات مركب السدنت ومشتاباته ومماكناته والكلوردان والبيفينولات عديدة الكلور (PCB,s) بكفاءة عالية وبمعدل استرجاع يصل إلي ٩٠ % .

٦-أعمدة :خرطوشة الإمتصاص (Cartridge Containing support):

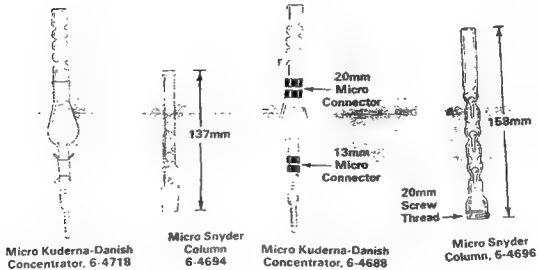
حيث توضع مادة الإمتصاص كالمسيلكون المغلف للكروموسوب (Chromosorb A- Silicone (p)) في أعمدة قصيرة : خرطوشة وذلك كمصيدة عالية لامتصاص أبخرة الهيدروكربونات العضوية الكلورونية حيث يتم سحب الهواء الملوث خلالها بمعدل ١٨ لتر/د ثم يستخلص .

وأي من طرق جمع العينات السابقة فأن الخطوات التالية تتبع لاستكمال باقي طريقة التحليل :

١-يتم نقل ٢٠٠ ملل من الإيثيلين جليكول والتي تمثل استخلاص قارورتين من وحدات أخذ العينات بوحدة أخذ العينات (Greensburg Smith impringer) والتي تمثل سحب الهواء الملوث لمدة ١٢ ساعة (٤٠ م ٣ هواء) في قمع فصل (Separatory funnel) سعة ٢ لتر حيث يتم غسل أوعية الوحدات (نقل كمي) بواسطته كميات من محلول كبريتات الصوديوم ٢% ثم يضاف إليها ١٠٠ ملل من ماء للغسيل حتى يصل الحجم إلى ٧٠٠ ملل وقد يكون المضاف للغسيل هو محلول ٢% كبريتات صوديوم ثم يضاف ١٢٠ ملل هكسان لقمع الفصل ويحكم قفله جيدا ويرج بشدة لمدة دقيقتين وبعد ١٥ ثانية وبحذر يتم فتح الغطاء لتصرف الضغط البخاري لأبخرة المذيب ثم يترك للسماح بانفصال الطينية .

٢-يتم تسريب الطبقة المائية السفلية لقمع فصل ثاني سعة ٢ لتر ويضاف إليها ١٢٠ ملل هكسان وترج بشدة لمدة دقيقتين ثم يسمح لتسريب الضغط البخاري المذيب ويترك للسماح بانفصال طبقتي المذيبات ويتم صرف الطبقة المائية لقمع فصل ثالث سعة ٢ لتر ثم يضاف إليها ١٢٠ ملل هكسان ويكرر ما سبق وهنا يتم صرف وإهمال الطبقة المائية (السفلية) . ويلاحظ أنه في حالة تكون مستحلب يضاف ١٠ ملل من محلول كلوريد الصوديوم المشبع لكسر المستحلب المتكون .

٣- يجهز عمود كرماتوجرافي بطول ١٥٠ ملم وقطر داخلي ٢٤ ملم ويوضع بنهايته المسحوبة سدادة من الصوف الزجاجي (Glass wool plug) أعلى الصنبور حيث يملأ بارتفاع ٥ سم طبقة من كبريتات الصوديوم اللامائية لتجفيف مستخلص الهكسان بقمع الفصل الأول عند إمراره خلالها حيث يثبت أسفل العمود ورق الكيودرنا داتيش - Kuderna (Danish) شكل رقم (١١-٣) المثبت به أنبوبة تركيز مدرجة سعة ١٠ ملل قطع من زجاج ٥ ملم لمنع الفوران ويستقبل بها مستخلص الهكسان الثاني والثالث خلال عمود الكرماتوجرافي (كبريتات الصوديوم اللامائية) ثم يوصل عمود سيندر ذو الثلاث كرات (3- ball Snyder column)



شكل رقم (١١-٣) : وحدة الكيودرنا داتيشي

٤- تثبت وحدة الكيودرنا داتيش بحمام مائي يغلي على درجة ٩٥-١٠٠ م لتبخير المستخلص حتى ٥ملل (بعد أن يبرد) ولا يجب التركيز لأقل من ذلك حتى لا يحدث فقد في متبقيات المركب المستخلص ، كذلك يتم التحكم في درجة حرارة الحمام المائي برفعها أو خفضها حتى تبدأ خروج أبخرة المذيب فإذا كانت سريعة و قوية (Being expelled) تنخفض درجة الغليان لمنع اندفاع المذيب من العمود حتى لا تخرج منه قطرات فيحدث فقد في مكونات المركب والعكس حتى الوصول للحالة المثلى من درجة الحرارة اللازمة للتبخير. وبعد تمام التبخير (حتى حجم ٥ملل) تخرج الوحدة من الحمام المائي وتترك لتبرد ويرفع وتفصل الدورق ثلاث مرات بحجم قدرة ٣ملل هكسان .

٥- يتم تثبيت العمود المطور لسنيدر (العمود الدقيق Modified micro Snyder column) بأنبوبة التركيز المدرجة وتوضع في حمام مائي يغلي ويتم التبخير والتركيز حتى ٢/١ ملل ويجب رجاها باستمرار أثناء الغليان حتى لا يحدث تسخين زائد (Super heating) فتغلي فجأة (Suddenly boiling) فتخرج بعض قطرات المذيب مما يؤدي بدوره لفقد في تركيز المكون الملوث كما أن التسخين الزائد يعني التسخين لأعلى من درجة غليان المحلول ، كذلك لا يجب التركيز لأكثر من ٢/١ ملل حتى لا يحدث فقد في التركيز ، ثم يضاف ٣ ملل هكسان للمركز ثم تجرى عملية التركيز مرة أخرى للتخلص من أي آثار للميثيلين كلوريد (Me Cl) وذلك حتى الوصول مرة أخرى إلى حجم قدره ٢/١ ملل .
- تتم عملية تنقية المستخلص باستخدام عمود الفلورسيل تمهيدا للحقن في جهاز كروماتوجرافيا الغازي المسائل (Gas Liquid Chromatography : GLC)

ويجب ملاحظة ما يلي جيدا :

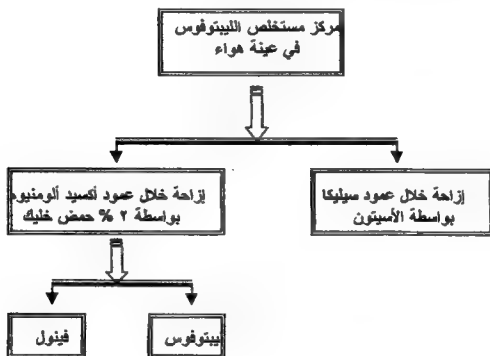
□ إذا كان من المحتمل أن تكون المواد الملوثة قطبية فيمكن أخذ عينة هواء أخرى وتجري عليها الإزاحة من العمود بواسطة ١٥ ملل أسيتون - ميثيلين كلوريد (٢٥ : ٧٥) خاصة إذا كانت هذه الملوثات

هيدروكربونية عضوية تحتوي على الفوسفور أو ممثلاته
(Organophosphate & Its metabolites) .

□ في حالة تلوث الهواء بملوثات هيدروكربونية عضوية كارباماتية يجب اشتقاقها بالمستخلص النقي قبل عملية التقدير (Carbamate Derivatization) ويتم الاشتقاق بواسطة ١ فلورو - ٢ ، ٤ داي نيتروبنزين (1-Fluoro - 2,4-dinitro benzene) في محلول منظم بوارتسي (Borate buffer) ولقد تم تطوير هذه الطريقة للاستفادة بها في عينات المياه الملوثة (طريقة طلعت شفيق وآخرون) والتي تتلخص في إذابة المتبقيات في ٢ ملل أيزوأكتان ثم تضاف قطرة بيريدين (Pyridine) ثم يعاد تقطيره ثم يضاف ٠.٠٢٥ ملل بنتا فلوروبرو بروبيونيك أنهيدريد (Penta fluoro propionic anhydride) وتخلط في خلاط الإنتافي (Vortex mixer) ليسمح التفاعل بالحدوث خلال ساعة على درجة حرارة الغرفة ثم يضاف ٣ ملل من محلول المنظم ($\text{pH} = 7$) والمكون من ٣ جم أيروكسيد صوديوم و ١٧ جم كبريتات بوتاسيوم (KH_2PO_4) في ٢٠٠ ملل مقطر ثم يرج جيدا في الخلاط الإنتافي حتى يقف التفاعل ثم يضاف ٣ ملل أيزوأكتان و ٢/١ ملل أسيتونيتريل وتخلط ثانية لمدة ٣٠ ثانية ثم يسمح للطبقات بالانفصال فتزال الطبقة السفلي وتهمل ثم يضاف ٢ ملل ماء وتخلط جيدا ثم ٢/١ جم كبريتات صوديوم لا مائية وتخلط جيدا ثم تحقن في جهاز الكروماتوجرافي الغازي .

□ عند وجود جزيئات ملوث آخر كالديازينون كمادة متداخلة عند تقدير الكاربازيل مثلا (Carbaril) الكارباماتي خاصة إذا ما ارتفع تركيز الديازينون عن ٢ نانوجرام فهنا لا بد من إزالة الديازينون بالمعاملة الحامضية في صورة محلول مائي لكلوريد الهيدروجين وتتخلص في نقل ٢/١ ملل أيزوأكتان من العينة المشتقة المحتوية على المركب الكارباماتي لأنبوبة الطرد المركزي ثم يضاف ١ ملل ٦ عياري حمض الهيدروكلوريك وتخلط / دقيقة وتترك لتستقر ٥ دقائق ثم تخلط مرة أخرى / د ثم يسمح للطبقات بالانفصال حيث تزال الطبقة السفلي (الأيزوأكتان) ، ثم تغسل بنفعتين كل منها ٢ ملل ماء ويهمل بكل مرة ثم

تضاف ٢/١ جم كبريتات صوديوم لا مائية لإزالة آثار الرطوبة ثم تحقن العينة لتحليل الكربامات .



شكل رقم (١١-٤): رسم تخطيطي لاستخلاص وتنقية وتقدير مركب الليبتوفوس (Leptophos) ومثلائه من عمودي سيلكا جيل وألومنيا

- حالة وجود جزيئات من مركب المالاتيون فإن طريقة اشتقاق المركب الكرباماتي تؤدي لاتهياره .
- يلاحظ أن المعاملة الحامضية تزيل مركب الأمينوكارب (Aminocarb) والميكساكاربامات وعليه فهذه الطريقة يمكن استخدامها لتحليل الأمينوكارب و الميكساكاربامات في وجود مواد ملوثة أخرى .

□ يجب قبل استخدام الإيثيلين جليكول (EG) تقيمه فأني لوط منه تكون العيوات مغلقة بالتلفون حيث تؤخذ عينة وتحقن في وجود كاشف الإنقاط الإلكتروني (Electron Capture Detector : ECD) أو كاشف اللسهب الضوئي (Flame Photometric Detector : FPD) للتأكد من عدم احتوائه على شوائب ملوثة .

والجدولين التاليين جدول رقم (٣-١١) والجدول رقم (٤-١١) يوضحا معدلات الاسترجاع للعديد من المركبات المختلفة في تركيبها الكيماوي من الإيثيلين جليكول :

جدول رقم (٣-١١): معدل استرجاع عدة مركبات مختلفة من الهواء الملوث المستخلص بالإيثيلين جليكول والمتقى بعمود فلورسيل

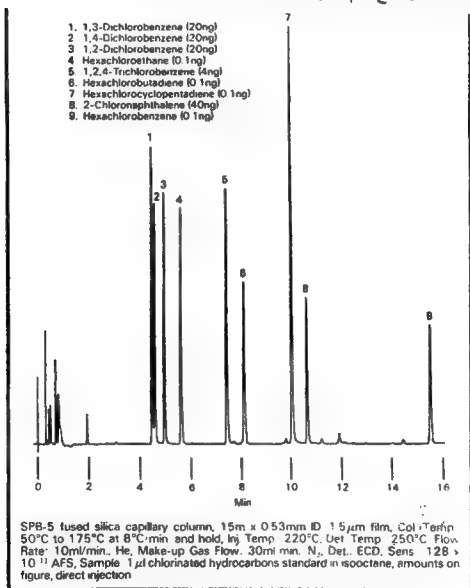
المركب	الكمية الموضوعة Spiking L. اتوجرام / م ^٣	% معدل استرجاع
A-بنزين هكساكلوريد	٢	٩٧
بنزين هكساكلوريد	٤	٨٩
بارا - بارا - دلت	٥	٩٧
بارا - بارا - ندا	٤	٩٦
بارا - بارا - دلت	٨	٩٥
هيبتا كلور	٢	٩٧
هيبتاكلور إيبوكسيد	٣	٩٧
لندين	٢	٩٦
اللدريين	٢	٩٤
ديلدريين	٤	٩٤
رونيل	٣	٨٨
مالاثيون	٥	٨٧
ميثيل باراثيون	٥	٨٨
إيثيل براثيون	٥	٨٦
كاربوفينيثون	١٠	٨٦
ديازينون	٢	٨٩
أروكلور (١٢٥٤)	٢٥	٩٦

جدول رقم (١١-٤) : معدلات استرجاع مركبات مختلفة في تركيبها الكيماوي

المركب المسترجع	مستوى منخفض		مستوى مرتفع	
	الكمية المسترجعة	استرجاع	الكمية المسترجعة	استرجاع
ايشيون	٦٠	١٢٩	٢٤٦	٩٧
بايجون	٢٠	١٢٦	١٠٠٠	٨٦
بارا وبارا - نكت	١٠	١٠٩	٦٤	٩٥
بارا وبارا - ندا	١٠	١٠٦	١٦	٩٩
ترايبيون	١٠٠	١٠٧	٣٧٦	٨١
مالاقيون	٥٠	١٠٤	٤٦٠	٩٧
بارا - بارا حدد	٢٠	١٠٣	٦٤	٨٤
كلوباريل	٤٠	١٠٣	٢٠٠٠	١٠٤
ديلدريين	١٠	١٠١	٤٠	٩٢
اورثو بارا - نكت	١٥	١٠٠	٤٨	٩٢
ميثيل يارثيون	٤٠	٩٧	١٦٢٠	٨٧
ديلازينون	١٠	٩٧	١٠٩	٩٢
ميثيل كارب: ميذول	٤٠	٩٦	٢٠٠٠	٩٥
رونيل	٢٠	٩٦	٨٤	٨١
الدرين	٥	٩٥	٨	٧٧
اندرين	١٠	٩٥	٨٠	٩٢
باراثيون	٥٠	٩٣	٢٠٧	٩٠
هيبتاكلور أيبوكسيد	٥	٩٣	١٨	٨٧
لنديين	٢	٩٢	٨	٨٥
α بنزين هكساكلوريد	٢	٨٧	٦١٤	٨٠
β بنزين هكساكلوريد	١	٩١	٨	٨٠
لاندرين	٢٠	٨١	١٠٠٠	٨٥
كاربوفوران	٤٠	٧٥	٢٠٠٠	٨٦
أمينو كارب (ميتاسيل)	٨٠	٥٩	٤٠٠٠	٧٨
زكتران (ميثاكلرامات)	٨٠	٥٢	٤٠٠	٨١

ملحوظة :

انخفاض معدل الاسترجاع مع الايثيون والبايجون تكون نتيجة تداخل منحنيات الخلفية مع قمم المركبات نفسها مما أدى لرفعها



شكل رقم (١١-٥): منحنيات فصل بعض المواد الملوثة للهواء الجوي والظروف الخاصة بها.

الباب الثاني عشر

المياه الطبيعية ومصادر تلوث المياه

المياه الطبيعية والملوثات (Natural water resources & pollutants) :

- يقال أن مصدر مياه ملوث أو تلوث عندما يحدث تغير مباشر أو غير مباشر مقصود أو غير مقصود على العناصر الأساسية المكونة له فيصبح دون الصلاحية للإستخدام البشري (Sanitary Domestic Uses) .
- وغالبا ما يحدث التلوث نتيجة الأنشطة البشرية المختلفة : (Human Activities) والتي من شأنها إضافة مواد غريبة تؤدي بدورها لتغير في الصفات الطبيعية أو الكيميائية أو البيولوجية حتى ولو كان هذا التغير طفيف إلا أنه في النهاية يؤثر على الصحة العامة (Public Health) مثل :
- تغير في الصفات الطبيعية أو الكيميائية أو البيولوجية عن الصفات الموصي بها .
 - تغير في محتواها من المواد الصلبة الذائبة أكبر من التركيز المسموح به أو غير المواد المسموح بها .
 - تغير في محتواها من المواد العالقة أكبر من التركيز المسموح به أو غير المواد المسموح بها .
 - تغير في محتواها من المواد المترسبة أكبر من التركيز المسموح به أو غير المواد المسموح بها .
 - تغير في محتواها من المواد العضوية الذائبة أو الغير ذائبة المسموح به أو غير المواد المسموح بها .
- ويجب الأخذ في الاعتبار أن مساحة المسطحات المائية وتمثل $\frac{4}{3}$ مساحة سطح الكرة الأرضية وهو ما يمثل ١٤٠٠,٠٠٠,٠٠٠ كم^٣ أي ما يشكل ٨٠% من مساحة سطح الكرة الأرضية وهي :
- المياه العذبة (Fresh water) كما في مياه الأنهار والبحيرات.
 - المياه المالحة كما في البحار والمحيطات والبحيرات (Marine water) وهي على النحو التالي :

أ- المياه العذبة (Fresh Water) :

كالأنهار والبحيرات العذبة (Lakes) والبرك والماء الجوفي (Ground Water) وتغطي مساحة ٥٠٠,٠٠٠ كم^٢ وهو ما يمثل نسبة ٨% من المساحة الكلية للمياه وهو ما يبلغ ٩,٧٧٠,٠٠٠ ميل مكعب من الماء ، وهي دائماً في تجدد دوري حيث تتبخر بارتفاع درجة الحرارة فتشكل سحب تتكثف مع برودة الجو فتَهطل مطراً .

ويلاحظ أن نسبة المياه العذبة تقل تدريجياً لارتفاع نسبة الملوحة بها تدريجياً خاصة بالمسطحات المائية المغلقة نتيجة عمليات البخر المستمر لارتفاع درجة الحرارة كذلك البحيرات شبه المغلقة والتي تتصل بإحدى جوانبها بمياه مالحة من البحر .

ب- مياه المحيطات (Marine oceans water)

وهي مياه مالحة تبلغ درجة ملوحتها ٣٥ جزء في الألف وتبلغ مساحتها ٣٦١,٠٠٠,٠٠٠ كم مربع .

ج- مياه البحار (Sea water)

وهي مياه مالحة وهي ما تمثل ٧٦,٦% من مساحة سطح الكرة الأرضية ويمثل حجمها ١٧٣٠,٠٠٠,٠٠٠ كم مكعب عندما يكون بعمق ٣,٧٩٥ متر .

د- مياه الجليد الدائم بالقطبين وقمم الجبال :

ويمثل ٧,٣٢٨,٠٠٠ ميل مكعب .

والمسطحات المائية أما :

• مياه سطحية (Surface Water)

وتبلغ ٤٥,٠٠٠ ميل مكعب وهي مرئية كما البحار والمحيطات والأنهار والبحيرات والبرك والمستنقعات والممرات المائية .

• جوفية (Ground Water)

وتبلغ كميتها ١,٠٧٤,٠٠٠ ميل مكعب وهي غير مرئية لوجودها تحت الأعماق بباطن الأرض وهي مصدر الماء الوحيد للحياة بالمناطق الجافة أو الصحراوية .

والماء الجوفي هو الماء المستبقى للصخور الرسوبية أثناء تكوينها الجيولوجي لذا غالبا ما يعرف بالماء المعدن أو الحار أو الصهري أو الصحراوي وذلك نتيجة لتسرب المياه البحرية أو المحيطية خلال طبقات اليابسة بالمناطق الساحلية أو من الماء الكوني سواء عن طريق المطر مباشرة أو من انصهار الجليد والثلج والذي يمثل ٧,٣٢٨,٠٠٠ ميل مكعب والذي بعد انصهاره يجري على سطح الأرض ويتغلغلها مع الأخذ في الاعتبار نسبة ما يتبخر منه أثناء مسريانه بالفعل المباشر للحرارة أو الرياح أو بالفعل الغير مباشر عن طريق النتح النباتي.

وهنا تتحكم تضاريس الأرض (Topography) في :

- نسبة ما يتبخر منه فالنسبة المتبخره تختلف من مكان لآخر
- أو نسبة ما يشرب منه خلال الصخور المختلفة كالصخور الجيرية والصخور الرملية والصخور الكلسية أو الصلدة الجرانيتية
- أو يمتص بالنبات وتفاوت تبعاً لنوع النبات والفصل من السنة .
- وكذلك كمية ماء الري والمتفاوتة أيضاً تبعاً لنوع النبات والفصل من السنة والسعة الحقلية للأمتصاص (HWC : Hold Water Capacity)
- والتي تختلف من تربة لأخرى خاصة تلك الكمية الزائدة عن السعة الحقلية والمتسربة إلي المياه الجوفية والموجودة في ثلاث مستويات .

وتوجد المياه الجوفية في ثلاثة مستويات تبعاً لمكان تواجدها :

المستوي الأول : مستوي نطاق عدم التشبع :
ويقع هذا المستوي أسفل سطح القشرة مباشرة ويسمى بنطاق
مستوى عدم التشبع وذلك لأن الماء يمر من خلال هذه الطبقة إلى
المجموع الجذري للنبات .

المستوي الثاني : مستوى التشبع المتوسط :
حيث تقوم مسام هذه الطبقة بمسك المياه عقب الري أو عقب
هطول الأمطار .

الثالث : المستوى الدائم التشبع :
ويمتد هذا المستوي في الطبقة الصلدة الصماء وهذه الطبقة عبارة
عن صخور وحبيبات مملوءة بالماء دائماً .
والجدول التالي جدول رقم (١٢-١) يمثل مصادر والحجوم
النسبية لها .

وتظهر أهمية عدم تلوث الماء للكتلة الحية : للكائنات الحية
المستخدمة له (Bio mass) وبالتالي مدي درجة تعرضها للتلوث
الموجود به حيث يوجد ما يقرب من ١٨٠,٠٠٠ نوع من الحيوانات و
١٠,٠٠٠ نوع من النباتات وهو ما يشير لأهمية الماء للكائنات الحية
بأنواعها المختلفة حيث :

- يمثل ٥% من وزنها على الأكل بينما يبلغ وزن الماء أكثر من
٩٠% من وزن النباتات .
- والأكثر من ذلك أنه لا تتم أي عملية فسيولوجية بجسم أي كائن
حي إلا في وجود الماء خاصة العمليات الحيوية الإنزيمية المختلفة
بالجسم (عملية الهضم) .

- كما يدخل في تركيب إفرازاتها المختلفة كالعرق والبول والوبراز بالإضافة لمساهمته أصلا في التخلص من الفضلات بإذابتها وطرحها خارج الجسم .
- كما يعد ملطف للجلد بتبخير قطرات العرق المائية من على سطح الجلد بالجسم مما يؤدي لانخفاض درجة حرارته .
- كذلك أهمية في أعمال النظافة وإعداد الغذاء .
- كما لا يمكن للنباتات امتصاص المواد الغذائية من التربة المنزرعة فيها إلا في صورة مذابة سائلة وزائدة عن السعة الامتصاصية لحبيبات التربة والمتوقفة على نوعية حبيبات هذه التربة وكمية المادة العضوية بها ومستوى الكائنات الحية الدقيقة بها .

جدول رقم (١٢-١) : مصادر المياه و الحجوم النسبية لها :

النسبة المئوية	الكمية كم ^٣	المصدر
٩٧,٢٠	٣٢٢,٣٠٠,٠٠٠	بحار ومحيطات
٢,١٥	٢٩,٢٠٠,٠٠٠	جليد القطب
٠,٠٠١	١٢,٩٣١	غيوم ورطوبة
٩٩,٣٥١	٣٥١,٥١٢,٩٣١	المجموع
٠,٣١	٤,١٧٠,٠٠٠	مياه جوفية بعمق < ٨٠٠ م
٠,٠٠٨	١٠٤,٢٨٠	بحيرات صالحة وبحار داخلية
٠,٣١٨	٤,٢٧٤,٢٨٠	المجموع
٠,٣١	٤,١٧٠,٠٠٠	مياه جوفية بعمق > ٨٠٠ م حلوة
٠,٠٠٩	١٢٥,١٠٠	بحيرات حلوة
٠,٠٠٥	٦٦,٧٤٢	رطوبة
٠,٠٠٠١	١,٢٥١	أنهار وجداول
٠,٣٢٤١	١,٣٦٣,٠٩٣	المجموع
%٩٩,٩٩٣١	٣٦٠,١٥٠,٣٠٤	المجموع الكلي

خصائص المياه :

تتميز المياه كمكون من مكونات النظام البيئي (Ecosystem components) بصفات فريدة تفرّد بها عن المكونات الأخرى وهي :

أ-الدورة الهيدرولوجية للماء (Hydrologic cycle) :

وهي خاصية فريدة يتميز بها الماء الذي لا يستقر في موقع تجمع له وإلا لما كانت هناك فرصة لنشوء حياة على وجه الأرض ويمكن غير مكان التجمع فطاقة الشمس تسخن مياه المسطحات المائية كالمحيطات والبحار والأنهار أينما كانت فيتحول مائها لأبخرة تاركة الأملاح والشوائب الأخرى تداخل مع الهواء الجوي فتزداد درجة رطوبة الهواء (غيوم) ثم يمتص الهواء وما يحمله بعد ذلك الطاقة الحرارية من الشمس فيتصاعد لأعلى وهنا يتفاعل مع طبقات جوية باردة فتتكثف رطوبته ويتحول لمتساقطات في الصورة السائلة ويعود مرة أخرى بشكل مطر أو برد أو ثلج أو صقيع أو ندى تبعاً للظروف الجوية السائدة المحيطة ولكن لا يحتوي على أملاح (ماء مقطر) ويقدّر بنحو ١٢,٩٣١ كم مكعب .

وعند عودته للكرة الأرضية يسقط في البحار أو المحيطات أو على سطح اليابسة فيتجمع في جداول وأنهار لترجع بها مرة أخرى في نهاية المطاف للبحر وتستغرق هذه الدورة ١٢ يوم .

وعليه ترتفع للجو ٣٩٤,٠٠٠ كم مكعب من مياه البحر:

- يعود منها ٧٥% لمتزج بالماء المالح مرة أخرى .
- أما الباقي ٩٨,٥٠٠ كم مكعب فيسقط منه ٦١٦٠٠ كم مكعب على التربة لفترة ثم يعود للجو مرة أخرى في صورة بخار ماء بالتبخير أو النتح أو التنفس .

ولا يمكن إيقاف هذه الدورة حيث أن طاقتها المحركة هي طاقة الشمس والتي لا تغيب مطلقا وهو ما يعني في مضمونه استمرارية البخر وتساقط المطر وهو ما يعطي للحياة استمرارية على الأرض .

ب- إمكانية وجود الماء في حالاته الطبيعية الثلاث :
حيث يمكن وأن يتواجد الماء بصورة الثلاث على درجات الحرارة العادية :

- صلب (Solid : Ice state)
- سائل (Liquid state)
- غاز (Gas) .

ج- الماء لا يدمر :
حيث لا تستطيع النار عمل شيء معه سوى تحويله للحالة الغازية فيتبخر لأعلى بالهواء ثم يعود لحالته الأصلية مرة أخرى خلال الدورة والهيدروولوجية في إثني عشرة يوم .

د- عملية الحرق :
فتعطي عملية الحرق (أكسدة الكربوهيدرات) ماء حيث يقوم النبات بتجزئة الكربوهيدرات ثم إعادة تركيب جزيئاته مع ثاني أكسيد الكربون أثناء عملية التمثيل الضوئي حيث أن عملية حرق الكربوهيدرات (الأكسدة) وعملية التمثيل الضوئي عمليتان مضادتان ومتوازيتان في نفس الوقت .

هـ- الماء كوسط مناسب للأنشطة البشرية :
يعد الماء الوسط الوحيد الملائم للعمليات الحيوية والفسولوجية وكذلك طاقة الأنشطة البشرية .

و- طاقة تكوين جزيء :
يحتاج تكون جزيء الماء إلى كمية من الطاقة كبيرة ويلاحظ أن كمية الطاقة اللازمة لفصل ذرات جزيء الماء هي نفسها التي تنطلق عند اتحادها لتكوين روابط جزيء الماء .

ز- الشكل الفراغي لجزيء الماء :

يوجد جزيء الماء في شكل قضيب مغناطيسي و ذلك نتيجة عدم انتظام توزيع الإلكترونات بالجزيء فتركز حول ذرة الأكسجين ويأخذ هذا الجانب شحنة سالبة بينما يأخذ الجانب الآخر (الهيدروجين) شحنة موجبة .

ح- خصائص الماء النقي :

- وتتسم جزيئات الماء النقية بعدة صفات فريدة ألا وهي :
- الماء الغير ملوث عديم اللون والطعم والرائحة ورائق .
- يحتوى على نسبة معينة من الأملاح .
- خالي من الكائنات الحية الدقيقة صدق الله سبحانه وتعالى في قوله " أفر أيتم الماء الذي تشربون ، أنتم أنزلتموه من المزن أم نحن المنزلون ، لو نشاء جعلناه أجاجا أفلا تشكرون " .
- كما ترجع قوة الإذابة في الماء (Solvent power) لاحتوائه على ثنائي أكسيد الكربون والأكسجين والنيتروجين والكبريت وبعض المعادن كالصوديوم والمغنسيوم والكالسيوم والحديد ، جنول رقم (١٢-٢) .

ويختلف متوسط الاستهلاك اليومي للفرد تبعاً للظروف الجوية والعادات ومن يوم لأخر تبعاً لضغط المياه وعدد ساعات الإمداد اليومي بها :

- فيبلغ معدل الاستهلاك اليومي للفرد ١٠٧,٠ لتر ماء للشرب وتجهيز الطعام والغسيل والاغتسال .
- ويبلغ معدل الاستهلاك اليومي للبقرة ٦٨,٢٥ لتر ماء
- ويبلغ معدل الاستهلاك اليومي للحصان ٤٥,٥٠ لتر ماء
- ويبلغ معدل الاستهلاك اليومي لاجرة ٠٠,٠٩ لتر ماء
- ويبلغ معدل الاستهلاك اليومي خروف ١٣,٦٠ لتر ماء
- ويبلغ معدل الاستهلاك اليومي لري الحدائق ٠١,٤٠ لتر ماء /م/٢
- ويبلغ معدل الاستهلاك اليومي لرش الطرق ٠١,٥٠ لتر ماء /م/٢

جدول رقم (١٢-٧) : مكونات الماء النقي (الغير ملوث) حيث النسب بين
الأكواس هي مواصفات مياه الشرب تبعا لمنظمة
الصحة العالمية (WHO)

المكون	نسبة وجوده ملج/لتر (جزء في المليون)	المكون	نسبة وجوده ملج/لتر (جزء في المليون)
فلوريد	١,٥ (٠,٦)	كروم	٠,٠٥
رصاص	٠,١	سباتيدات	٠,٠١ (٠,٠٥)
زنقي	٠,٠٠٠١ (٠,٠١)	سيلينيوم	٠,٠١
كاديوم	٠,١ (٠,٠٥)	كالمسيوم	٢٠٠-٧٥
حديد	٠,٣ (١ - ٠,١)	كربونات كالمسيوم	٥٠٠-١٠٠
منجنيز	٠,٣ (٠,٥ - ٠,٠٥)	منظفات	١,٠-٠,٠٢
كلور	٠,٥ - ٠,١	هيدروكربونات أليفاتييه	٠,٠٠٢
نحاس	٢ (١,٥ - ٠,٥)	أشعة ألفا	٣ PC/L
زنك	١٥ (١٥-٥)	أشعة بيتا	٣٠ PC/L
ماغنسيوم	١٢٥ (١٥٠-٣٠)	مواد صلبة	١٥٠٠-٥٠٠
راديوم	١٠×٣ كوري	تعكر	٥-٢٥ وحدة
كلوريدات	٢٥٠ (٦٠٠-٢٠٠)	اللون	٥-٥
كبريتات	٢٥٠ (٤٠٠-٢٠٠)	طعم ورائحة مستساغة	-
نيترات	صفر	العسرة	-
الزرنيخ	صفر (٩,٢)	القلوية	-
نيتريت	١,٠	العوالق الذاتية	-
مونيا	٠,٠٥	(Hardness)	-
أكسجين ذائب	١٠,٠	المواد الصلبة غير ذائبة	-
فينولات	٠,٠٠١ (٠,٠٠١-)	والكوليفورم (١٠/١٠٠ ملل) ويجب ألا يظهر في عينتين متتاليتين.	-

مصادر تلوث المياه :

تتعدد وتتووع مصادر تلوث المياه فمنها التلوث بالسموم والملوثات البيئية الكيميائية أو البيولوجية أو بالجسيمات حيث يمثل الماء الوسط الشاسع والذي يشكل مشكلة خطيرة للغاية عند حدوث تلوث به سواء أكان هذا التلوث عن طريق المعاملة المباشرة أو الغير مباشرة (كالتطهير والاتجراف والبخر من التربة ثم انجرافه بالهواء أو عن طريق تكاثف متبقيات هذه السموم والملوثات البيئية مع مياه الأمطار وسقوطها مرة أخرى .

١- مصادر تلوث كيميائي :

حيث يعد التلوث الكيميائي أخطر من التلوث البيولوجي حيث تبقى كثير من المركبات الكيميائية ثانية لفترة كبيرة بالمياه (High stable) . بل وقد تتحد وتتداخل (Interactions) مع بعضها مكونة معقدات أكثر خطرا وسمية وثباتا أو يزداد مستوى تركيزها تدريجيا خلال دورات السلاسل الغذائية (Food Chains) .
ولقد أشارت التقارير بأن نهر الراين قد ألقى به ٨٠ طن زرنيخ ، ٢٠٦ طن كاديوم و ١٠ طن زئبق و ٩٠ طن من المبيدات مع العلم بأن هذا النهر هو مصدر مياه الشرب لحوالي ٢٢ مليون نسمة للمدن على ضفتيه .

وقد يلزم الماء عملية تلوته كيميائيا في كل مرأله سواء مرحلة هطوله مطرا بالقضاء حيث تختلط سحبه بالهواء الجوي الملوث بجزيات السموم أو الملوثات العنصرية أو بالمواد المشعة كتواتج للتجارب والإنفجارات الذرية والنوية والجدول التالي رقم (١٢-٣) يوضح مقارنة لبعض الصفات الطبيعية والكيميائية للماء التقليدي ومياه الأنهار سواء بالقرب أو بالبعد عن المصببات والمياه الجوفية :

جدول رقم (١٢-٣) : الصفات الطبيعية والكيميائية للماء التقليدي ومياه الأنهار بالقرب ويعيدا عن المصببات والمياه الجوفية :

صفات المياه التقليدية	مياه الأنهار	مياه أنهار قرب المصب	مياه جوفية
عوالق	٥٠	١١٥	٣٥٠
عكارة	٥	٢٠	١
لون	٦٠	٣٠	٥
PH	٦,٥	٧,٠	٧,٢
CL ⁻	١٠	٥٠	١٥
NO ₃ ⁻	٠,٢	٠,٦	١,٠
أمونيا	٠,٠١	٠,٢	٠,١
عسرة كلية *	١٠	١١٠	٣١٠
BOD	١	٢	١
بكتريا كلية ملل *	١٠	٥٠٠٠	١٥
بكتريا كلية/ ملل	٣٠	٣٠,٠٠٠	٤٠

* ماء غير عسر ٦٠- مللج / لتر
ماء متوسط العسرة ٦-١٢٠ مللج / لتر
ماء عسر ١٢٠- ١٨٠ مللج/لتر
ماء شديد العسرة < ١٨٠ مللج / لتر .

** مياه جوفية معزولة عن مصادر التلوث وخالية من البكتريا (لا تحتاج لمعاملة)
مياه جوفية لا تزيد عدد البكتريا بها عن ١٠٠/٥٠ ملل (تحتاج لمعاملة بالكولور)
مياه جوفية لا تزيد عدد البكتريا / شهر ١٠٠/٥٠٠٠ ملل (تحتاج لمعاملة بالكولور علاوة على استخدام مرشح رملي)
مياه جوفية لا تزيد عدد البكتريا / شهر عن ١٠٠/٥٠٠٠ ملل وتوجد بأكثر من ٢٠% من العينات (وتحتاج لمعاملة بالكولور قبل وبعد الترشيح) .

وجزيئات السموم الذائبة في الماء تنتقل سريعا للمياه العادية سواء بالتشرب (Leaching) أو من التربة أو بتسربها من الغلاف الجوي وهنا تعتمد ازالتها والتخلص منها على الصفات الطبيعية والكيميائية :

- فبعضها ينهار تلقائيا .
- أو يتطاير (Volatilization) .
- أو يكون أملاح غير ذائبة في الماء تترسب وترتبط مع الترسبات (Sediments) .
- أما امتصاصها على الحبيبات والجسيمات فيؤدي لمعدات متماثلة أو يسهل هضمها بواسطة (Filter Feeder) .
- أما أخذها بالكائنات الدقيقة فربما يتبع ذلك بتمثيلها لمشتقات أقل أو أكثر سمية ثم تتراكم حيويًا بها (Bio accumulation) .
- أو تخرج وتطرح خارجيا .
- فكثير من الكائنات الحية تملك المقدرة على تركيز محاليلها بدون أن تسبب تلف أو خطورة لنفسها فتعمل كمكبر (Toxicant Amplifiers) وهنا تمكن الخطورة الحقيقة على مفترسات هذه الكائنات (Predators) أو المتطفلات عليها (Parasites) أو التي بدورها يمكنها تركيزها بتركيزات أعلى في الأنسجة خاصة إذا ما كان معدل الاقتراس عالي فيحدث تضخم لكمية السم (Bio magnification) خاصة إذا ما كانت جزيئات المركب السام تتمتع بصفة الثبات والذوبانية في الدهون مما يشبط إفرازها خارجا .

وتعكس الصفات الطبيعية لجزيئات المادة السامة على ثباتها : فجزيئات السموم الهيدروفوبية (Hydrophobic) والتمتعة بدرجة معقولة من الذوبان في الدهون تميل للبقاء والثبات تلقائيا تجاه التغيرات التمثيلية مع الميسل الكبير للتراكم الحيوي بالكائنات .

ولقد أظهرت نتائج التحليل الدقيق لمتبقيات السموم الثابتة وجودها في مكونات النظام البيئي حيث تبلغ ٠,٠٠٠٥ جزء في المليون بالأمطار وتبلغ بمياه الأنهار (المياه العذبة) 10^{-4} جزء في المليون وبالبحيرات تتراوح

بين ١٠-٢٠ × ١٠^{-٦} جزء في المليون وبالمحيطات ١ × ١٠^{-٦} جزء في المليون ولقد ثبت وجود مخلفات منها بالقطب المتجمد الجنوبي والتلوج المتكونة على قمم الجبال العالية . كذلك فقد أثبتت الدراسات وجود متبقيات مركب الددت في المياه العذبة والذي يبلغ ٠,٠٠١ جزء من المليون في حين يصل تركيزها في البحار ٠,٠٠٠٠١ و يتضاعف التركيز بالارتفاع في السلسلة الغذائية حيث يبلغ في نباتات المياه العذبة ٠,١ وفي بلانكتون البحار ٠,٠٥ وفي اللاقاريات بكل من نوعي المياه ٠,٠١ وبالأسمك البحرية ١,٠ وبالأسمك بالمياه العذبة ٢ جزء في المليون ، والجدول التالي رقم (١٢-٤) يبين مستوى الأمان لبعض المركبات الثابتة في المياه المستخدمة في الأغراض المنزلية (Sanitary domestic uses) والأسمك والحياة المائية .

جدول رقم (١٢-٤) : مستوى متبقيات بعض المركبات المسموح به في المياه والأسمك

المركب	مستوى المتبقيات المسموح به بالمياه بالجزء في المليون	أقصى مستوى مسموح به (MAC)	
		بالنسبة للأسمك	بالنسبة للحياة البرية
هبتا كلور	٠,١	١	٠,٠١
إنفريين	٠,٥	٠,١	٠,٠٠٢
ألدريين	١	٠,٢٥	٠,٠١
ديلدريين	١	٠,٢٥	٠,٠٠٥
٥,٤,٢ - ت	٢	لم تتبع	لم تتبع
كلوردان	٣	٠,٢٥	٠,٠٤
توكسافين	٥	٢,٥	٠,٠١
٤,٢ - د	٢٠	لم تتبع	لم تتبع
ددت	٥٠	٠,٥	٠,٠٠٢
لندين	٥٠	٠,٥	٠,٠٢
ميثوكسي كلور	١٠٠٠	٢٠	٠,٠٠٥
مجموعة السموم السفورية والكارباماتية العضوية	١٠٠٠	لم تتبع	لم تتبع

ومن الثابت وجود اتزان ديناميكي بين كمية المخلفات الموجودة بالغلاف الجوي والموجودة بالمسطحات المائية أسفلها وتحركها وإتزانها بين هذين الوسيطين يتوقف في المقام الأول على مستوى تركيزاتها التنبئية فمن المتوقع حدوث تحرك من الهواء الجوي للماء وليس العكس ويشجع ذلك هبوب الرياح والدوامات الهوائية القريبة من السطح المائي للغلاف الجوي .

ويرتفع تركيزها في الماء عند حدوث أمطار لتكاثف أبخرة الماء على الغبار الجوي العالق (والذي تبلغ تركيزها ٠,٣ جزء في المليون) ثم تسقط الماء . وبوصول المتبقيات للماء تحدث عدة خطوات غاية في التعقيد حيث يصبح قابلا للتوزيع خلال مكوناته ويتأثر بالعوامل والعمليات المؤدية لتحرك وانتقال وتوزيع الماء مع مراعاة معدل زيادتها والتي تختلف من مركب لآخر ومن نوع مياه لآخر .

٢-مصادر تلوث المياه بالجسيمات العالقة :

تتلوث المياه في المسطحات المائية بكثير من الجسيمات (Particulate) والمواد العالقة (Suspended Substances) كالصخور والتربة خاصة أثناء الفيضانات وما تحملها من غرين (طمي) وترسبها التدريجي مما يقلل عمقها مع مرور الوقت ويؤدي وجود مثل هذه الجسيمات العالقة إلى حجب الإضاءة اللازم وصولها للائنات (العوالق) الحيوانية والنباتية التي تعيش بهذه المياه فيصبح المسطح المائي غني بالمواد العضوية إلا أنها تفقد نسبة كبيرة من الأكسجين للذائب والمستهلك في النمو مما يؤدي لتحتل نسبة لا بأس بها من هذه الكائنات الحية الحيوانية والنباتية فتلوث المياه وتؤثر على الحياة البيولوجية بها .

هذا بالإضافة إلى ما يلقي بفعل الأنشطة البشرية من نفايات وصرف صحي تؤدي إلى هلاك الأسماك والقشريات والملحاح كما أنها قد تعيق (الطمي المتناثر) عملية التنفس للأسماك .

ويقاس مدى تلوث المياه بالجسيمات من خلال :

- ترشيح عينة حجمها لتر خلال ورق ترشيح واتمان (70 mm - GF/C) في قمع هادنكي ثم تغسل العينة بعد الترشيح عدة مرات بالماء المقطر ثم يجفف ورق الترشيح على درجة ١٠٥° م وتوزن (W) ثم توضع بحفنة سبق وزنها وتحرق على درجة ٥٠٠° م/نصف ساعة ويحسب وزن الجسيمات من المعادلة التالية :

وزن الجسيمات العالقة (مللج/لتر) =

وزن الحفنة بعد الحرق (جم) وزنها قبل الحرق بالحجم/حجم العينة × ١٠٠

نسبة تركيز المادة العضوية العالقة -

١- وزن المواد العالقة/وزن الترسبات العالقة × ١٠٠

تركيز المعادن الذائبة بالماء (مللج/لتر) =

وزن عينة الماء - وزنها بعد الجفاف

وزن المترسبات العالقة (مللج/لتر) =

وزن ورق الترشيح والمترسب (W) - وزن ورقة الترشيح/حجم العينة × ١٠٠

٣- مصادر تلوث حيوية :

حيث يحدث تلوث حيوي (بيولوجي) للمسطحات المائية بل وأيضاً المياه الجوفية ويزداد تأثير ذلك في المناطق ذات التجمعات السكانية ومما ينجم عن ذلك من أنشطة بشرية متنوعة وكثيرة .

وقد يلزم عملية التلوث البيولوجي عملية تلوث كيميائي مما يعطى الفرصة لتحلل هذه الكيماويات أول بأول ثم تمتص نواتج تحللها بالتربة أو النبات أو الكائنات الحية الدقيقة المتواجدة بهذه المياه حيث يكون مصدر التلوث البيولوجي هنا هو مياه المجاري والصرف الصحي خاصة البيارات

المستخدمة في القرى والتي تصرف مياه المجاري والصرف فيها بحفر ليست عميقة (٢-٤ متر) وتتداخل صرفها الصحي مع مياه الآبار الجوفية أو تتداخل مع رشح مدافن النفايات أو صرف مصانع كيماويات خاصة إذا ما كان يثر المياه غير عميق (سطحي) .

وتعد درجة ذوبان جزئيات الملوث في الماء صفة داخلية (Intrinsic Character) لها أهميتها في تقدير انتقال جزئيات الملوث السام في البيئة المائية فجزئيات الملوث السام التي تتراوح درجة ذوبانها من :

□ جزئيات ذات درجة ذوبان عالية (High solubility) مثل الايثيلين ٣٧ ألف جزء في المليون و الكريزولات أورثو وميتا وبارا : ١٣٠٠ ، ٢٧٠٠ ، ١٧٦٠٠ على التوالي البينزين ١٧٩٠ والميثيلين كلوريد ١٣،٠٠٠ والإيثيل كلوريد ٥٧٤٠ والنيتروبنزين ٢٠٠٠ جزء في المليون.

□ جزئيات ذات درجة ذوبان متوسطة (Moderately solubility) مثل داي كلورو بنزين ١٤٥ وبارا - داي كلوروبنزين ٧٩ والزيلين ١٣٠ .

□ جزئيات قليلة الذوبان مثل داي وترأي وتترا وهكسا كلوروبينيل (٠،٠١٠٣، ٠،٠٢٤، ٠،٢٤٨ ، ٠،٦٣٧ جزء في المليون والبولي كلورينيل (أروكلور) ٠،٠٥٦ جزء في المليون ويلاحظ احتواء القسم الأخير على نرة أو أكثر من الكلور بالجزيء فكلما زاد عدد ذرات الكلور بالجزيء يقل معها ذوبانيته في الماء ، فتبلغ فترة نصف الحياة للبارا كريزول ٥٨٠٠ وللميركس ٣٩٠٠ ساعة بينما تبلغ للميثيل باراثيون ٢٠٠ والبستروثيوفين ٣٤ ساعة والكاربازول ١٠ ساعة والبنزين أنتراسين ٠،٥٨ ساعة والدأي بنزو كاربازول ٠،٣٥ ساعة .

وبالرغم من أن الذوبان في الماء إحدى الصفات البسيطة لكنها لها أهميتها في تتبع بعض معايير الانتقال في البيئة المائية فذوبانية بعض الكيماويات في الماء يمكن وأن تخدم كدليل لمعامل التجزيء (Partition Co-efficient) والامتصاص (Adsorption) والتركم الحيوي (Bio accumulation) .

وعمليات التحول والملائمة للبيئة المائية تتضمن التجزيئي للكائنات الحية والادمصاص على حبيبات التربة / الترسبات والتطاير من الماء (Volatilization) فينخفض تركيز الملوثات في الماء بينما عمليات التشرب (Leaching) واللا إدمصاص (Desorption) والسريان (Runoff : Dripping) والترسب من الهواء (Precipitation) تؤدي لزيادة تركيزها في الماء ، حيث يمكن تمثيل التطاير لمركب سام من نظام مائي بالمعادلة التالية:

$$\text{الضغط الجزئي في الهواء (Pf)} = \text{تركيزها في الماء (Ci)} \times \text{الضغط الجوي (Pss)} / \text{النوبائية (Cis)}$$

$$\text{L/t. Kil-e}$$

حيث C_i : ثابت C_{is}
 L : عمق الماء

كذلك فترة نصف العمر للتطاير أمكن قياسها فكانت :

- ٧٣,٩ ساعة لمركب الدندت
- ١٠٣ ساعة لمركب الاروكلور
- ٧,٣٣ ساعة للزنيق
- ٧,٥٢ ساعة للبيفنيل
- ٥,٦١ ساعة للزليلين
- ٥,١٨ ساعة للتولوين
- ٤,٨١ ساعة للبنزين
- ٥.٥-٥ ساعة للأوكتان العادي .

مما سبق يتضح أن عمليات التحول المناسبة للبيئة المائية هي :

- عملية التحليل المائي (Hydrolysis) : حيث يعتمد معدل التحليل المائي على أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) ودرجة الحرارة والتركيب البنائي للجزيء والاستبدالات عليه .
- والأكسدة (Oxidation) .
- والانهيار الميكروبي (Microbial Degradation)

▪ والتحلل الضوئي (Photolysis) : أما عمليات التحلل الضوئي فتعتمد على وجود مواد مستشعرة (Sensitizers) بالبيئة ويتم قياس فترة نصف العمر للتحلل الضوئي كما يلي :

$$t_{0.5} = 0.693 \div \text{الكمية الناتجة } (\phi) \times \text{ثابت يعتمد على كمية الضوء } (K_a)$$

حيث يعتمد الثابت K_a على كمية الضوء والطول الموجي والذي يختلف من فصل لأخر والوقت من اليوم وعمق الماء وسمك طبقة والأوزون.

وفيما يلي فترة نصف الحياة لعملية التحلل المائي لبعض جزيئات السموم والملوثات البيئية :

CCl_4 سنة ٣٥٠٠	$\text{CH}_3\text{-CONH}$ سنة ٣٩٥٠	$\text{C}_2\text{H}_5\text{O-CO-N(CH}_3\text{)(C}_2\text{H}_5\text{)}$ سنة ٤٤٠٠٠
$(\text{CH}_3)_2\text{P(O)F}$ ٩-٢ دقيقة	داي إيثيل كلوريد ٣٨ يوم	$\text{CH}_3\text{-CO-OC}_2\text{H}_5$ سنة ٧
		$\text{C}_6\text{H}_5\text{-COCl}$ ١٦ ثانية

ويؤثر وجود المواد الدوبالية والعضوية على معدلات التحلل الضوئي حيث فترة نصف الحياة والتفاعلات الميكروبية لها أهميتها في تحديد الاثتيرار الميكروبي .

الباب الرابع عشر

تلوث المياه بالعناصر

ويؤدي زيادة نسبة النترات بمياه المسطحات المائية لأعلى من ٠,٣ جزء في المليون لحالة تشبع غذائي بالطحالب والنباتات المائية مما يؤدي بدوره لاختلال في مستوى الأكسجين الذائب نتيجة لزيادة كثافة الطحالب. ويحدث في بعض الحالات أن تكون سرعة امتصاص النباتات للنترات أكبر من معدل سرعتها في تحويلها لمركبات حيوية مختلفة مما يؤدي بدوره لوجود نسبة فائضة عالية منها بالأنسجة النباتية ، جدول رقم (١-١٣) .

جدول رقم (١-١٣): مستوى النترات والتغذية ببعض الخضراوات الشائعة

اسم النبات	مستوى النترات (ملح/ج) (ج)	مستوى التغذية (ملح/ج) (ج)
الفجل	٢٦٠٠	٣,٧
البنجر	٢١٣٤	٣,٣
الخص	١٣٦١	٨,٧
الكرفس	١٣٢١	٠,٧
السبانخ	٤٤٢	٣,٢
الكرنب	٣٣٠	٣,٣
الجزر	١٨٣	١,٥
الخيار	١٥٦	٨,٠
الفاصوليا	١٥٣	٥,٣

ويقاس مستوى النترات في المياه الملوثة بها من خلال :

أ - اختزال النترات إلى نشادر بسميكة (Devardas alloy) ثم يحصب تركيز النشادر و المساوي لتركيز النترات الملوثة للماء :



ب - يقاس عن طريق قياس شدة الامتصاص لعينة ماء على طول موجي ٢١٠ و ٢٧٥ نانوميتر بعد إزالة المواد والجسيمات العالقة بالطرد المركزي .

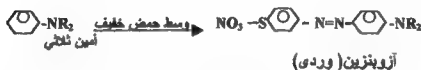
ج - يؤخذ من الطبقة الرقيقة ٢٠ مل (بعد طرده مركزيا) ويضاف إليها ١ ملل ساليسيلاب صوديوم ٠,٥% ثم تمخن ١٠٥ م حتى يتبخر الماء ثم يضاف إليها ٢ ملل حمض كبريتيك وتترك ١٥ دقيقة ٥ ملل ماء مقطر غير مؤين ثم ١٥ ملل طرطرات صوديوم وبوتاسيوم هيدروكسيلية (بإذابة ٦٠ جم طرطرات صوديوم وبوتاسيوم مع ٤٠٠ جم هيدوكسيد صوديوم / لتر ماء مقطر) ثم تقاس شدة الامتصاص. اللون الناتج على طول موجي ٤٢٠ نانوميتر مقابل البلاك (ماء مقطر غير مؤين) وتترجم القراءات لتركيزات بمنحنى قياسي لنترات الصوديوم (٢,٧٤ جم/ ٢٠ ملل كلوريد زنيك مشبع في ٥٠٠ ملل ماء مقطر غير مؤين وهو ما يعطى ٢ مللج / لتر (٢ جزء في المليون) ويتم القياس خلال ساعتين .

٢ - تلوث المياه بأيون النتريت :ثاني أكسيد النتروجين : (Water Nitrite Ione Pollution)

يتكون أيون النتريت في الماء نتيجة عملية أكسد للمواد العضوية النتروجينية الملوثة حديثا للماء حيث يتكون من الأمونيا الذائبة في وجود الأكسجين الذائب مع البكتيريا الهوائية أو تتكون بتأثير البكتيريا المثبتة للنتروجين (Nitrite Forming Bacteria) من النترات الملوثة للماء تحت ظروف لا هوائية .

ويجب ألا يزيد مستوى تركيز النتريت بمياه الشرب عن الحد الأقصى المسموح به (Maximum Allowable Concentration : MACw) في الماء المستخدم في الأغراض المنزلية (Sanitary Domestic Uses) وهو ١٠٠ ميكروجرام / لتر (٠,١ جزء في المليون) .

ويتم قياس مستواها بعينة المياه بأخذ ٣٠ ملل من عينة الماء وتطرد مركزيا / ١٥ دقيقة مرتين أحدهما تمثل العينة والأخرى بلاتك (Blank) ويضاف لكلاهما ٥ ملل حمض كبريتيك ٠.١ ع ثم ٢ ملل حمض سلفانيليك (١ جم في ٤ ملل ماء مقطر غير مؤين + ٦٠ ملل حمض خليك تلجي مخفف + ٢٠ ملل حمض خليك تلجي في ١٠٠ ملل ماء مقطر ثم يرج لعشرة دقائق) في حين يضاف للبلاتك ٥ ملل حمض خليك مخفف والعينة ٥ ملل من محلول الأمين (٢٤ ملل حمض خليك تلجي + ٠.٤ جم سلفونيك + ١-أمينوناftال ثم ٢٤٠ ملل ماء غير مقطر غير مؤين ويدفئ ويرج جيدا ويكمل الحجم حتى ٣٠٠ ملل بالماء المقطر) فيحدث التفاعل التالي:



يكمل الحجم إلى ٥٠٠ ملل بالماء المقطر الغير مؤين وتترك نصف ساعة ثم يقاس اللون على طول موجي ٥٢٥ نانوميتر حيث تترجم لتركيز من منحني قياسي ثم عمله بإذابة ٢.٤٦٥ جم نترات صوديوم (NaNO₂) / ٥٠٠ ملل ماء مقطر فيتكون محلول تركيزه ١٠٠ ميكروجوام / ملل حيث (k) = ٨,٤٤١ .

فتكون كمية النترت مللج/لتر (جزء بالمليون) = 0.01 k x (٨,٤٤١) / حجم العينة .

وتتم القراءة خلال ٣ ساعات وإذا تعذر ذلك يضاف للعينة ١ ملل كلوريد زئبقيك مشبع / لتر وتحفظ بذلك حتى ١٥ يوم.

٣ - تلوث المياه بالنشادر (NH₃) : Water Ammonium Pollution

حيث يتم تلوث المياه بها لملامستها لهواء ملوث بها أو لقربها من مداخن مصانع الأسمدة النتروجينية أو مزارع صرفها أو لحدوث تحلل لا هوائي لليوريا أو لبقايا البروتينات الحية .

ويقاس مستوى تلوث المياه بها بتحريض العينة بواسطة كربونات الصوديوم أو منظم القوسفات ثم يؤخذ ١٠٠ ملل ويضاف إليها ٣٥٠ ملل ماء مقطر غير مؤين بدورق معياري ثم يضاف ١٥ جم أكسيد ماغنسيوم ليكون الوسط قاعدي وتحفظ محتويات الدورق حتى يتم جمع ٢٠٠ ملل ثم تؤخذ وتكمل إلى ٢٥٠ ملل بالماء المقطر الغير مؤين يضاف إليها ٢ ملل كاشف نسلر (يوديد بوتاسيوم زئبقي (K₂HgI₄) وهيدروكسيد صوديوم أو بوتاسيوم ثم تترك ١٠ دقائق لإكمال التفاعل).



ويقاس اللون على طول موجي ٤١٠ نانوميتر:

∴ كمية النشادر مللج/لتر =

$$O.D) 110 \pm 280 / \text{حجم الماء (100)} \times \text{حجم الجزء المستخدم}$$

٤ - تلوث المياه بثاني أكسيد الكربون (CO₂) : Water Carbon Dioxide

Pollution

يكون التأثير سيئ على الكائنات الحية المائية عند زيادة مستوى تركيز ثاني أكسيد الكربون في المياه فزيادة تركيزه تؤدي لهلاكها كذلك الأسماك والقشريات ولهذا يجب ألا يزيد مستوى تركيزه عن ١٠ مللج / لتر في الطبقة السطحية حيث تحتوي الطبقة التحت سطحية على تركيزات أعلى .

كذلك يؤدي بالمياه إلى تآكل المنشآت المعدنية في جزئها الغاطس تحت سطح الماء (الفن - أدوات الصيد الغاطسة - المنشآت المعدنية العائمة)

كما تحتوي مياه الآبار الاعتيادية على ٢-٥٠ جزء في المليون (مللج/لتر) في حين زيادة تركيزه عن ذلك يؤدي لتآكل الوحدات المعدنية والأنابيب .

ويتم قياس مستوى تركيز ثاني أكسيد الكربون في المياه من خلال أخذ ١٠٠ ملل من عينة المياه دون رج حتى لا تنتشر فقاعات الغاز منها للهواء الخارجي ثم يضاف إليها نقطتين من الفينول فيثالين (٥ جم / لتر في الإيثانول) ويتم المعايرة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم ٠,٢٧٧ ع للوصول للون الوردي ($pH = ٨.٣$) :

∴ تركيز الذائب (ملل/لتر) = حجم التتقيط x ١٠

ويجب الأخذ في الاعتبار أن حموضة المياه ترجع لزيادة نسبته فيها وتحوله لحمض كربونيك أو لوجود أحماض عضوية أخرى مثل كبريتيد الهيدروجين أو أحماض معدنية مثل حمض الهيدروليك أو الكبريتيك . أما زيادة الكربونات والبيكربونات والهيدروكسيدات فتسبب قاعدية المياه والتي تعد مؤشر لتلوثها بالمخلفات البيولوجية والكيميائية .

وتقاس الحموضة الكلية بأخذ ٢٠٠ ملل من العينة بدورق ثم يضاف إليها نقطتين ميثول أورانج وتعاير بمحلول هيدروكسيد الصوديوم ٠,١ مول / لتر حتى ظهور اللون الأصفر الباهت ($pH = ٤.٣$) وتكون :

الحموضة الكلية للماء (ملليمول/لتر) =
حجم هيدروكسيد الصوديوم x ع ١٠٠٠ / حجم العينة.

ولقياس القاعدية الكلية للماء فيأخذ ٢٠٠ ملل من العينة بدورق مخروطي ويضاف إليها نقطتين من الفينول فيثالين ويعاير بحمض كبريتيك ٠,١ مول / لتر فيتحول الوردي لعديم اللون ($pH = ٨.٣$) :

وتكون قاعدية الماء (ملليمول / لتر) -
 حجم الحمض x ع x ١٠٠ / حجم العينة.
 ثم تضاف نقطتين من ثل اورتاج وتعابير للوصول للون الأخضر لقياس:
 وتكون القاعدية الكلية (ملليمول/لتر) =
 حجم الحمض x ع x ١٠٠٠ / حجم العينة.

٥- تلوث المياه بكبريتيد الهيدروجين (Water Dihydrogen Sulfide(H₂S)Pollution) :

تعد المياه ملوثة بكبريتيد الهيدروجين وهنا تتبعث منها رائحة البيض الفاسد وذلك نتيجة :

- إحتوائها على الكبريت .
- أو نتيجة تحلل بعض المواد العضوية
- أو لكونها ملازمة لطبقات من الصخور الأرضية المحتوية على الكبريت .
- أو لسقوط الأمطار الحامضية على السطح المائي
- أو لتلوث الهواء الملامس للسطح المائي بأكاسيد كبريتية .

ولدخول الكبريت في تركيب العديد من البروتينات والأحماض الأمينية (الميسونين-المستين-المستينين) وبعض الفيتامينات والإنزيمات في صورة مجاميع سلفهيدريل (SH) لذا يتناسب معدل إخراجها من الجسم مع كمية البروتين وعمليات الهضم المختلفة له.

وزيادة مستواه في الجسم (حيث يحتوى الجسم على ١٤٠ جم كبريت عضوي أو في صورة كبريتات) نتيجة شرب مياه ملوثة به أو غذاء ملوث أو غذاء يحتوى على مصدر كبريت عالي كالثوم والفجل والبصل واللفت فيمتص بالأععاء وينتقل بالدم بالوريد البابي إلى الكلى ويكون حصوات بها تحتوى على الميسينين (Cystinurea) أو يخرج من الجسم بارتباطه مع مركبات سامة أخرى في صورة أخرى في صورة اقتران بالكبريتات كما في تفاعلات التمثيل من النوع (Metabolism Phase II) .

٦ - تلوث المياه بالمبياتيد Water Cyanide (C=N) Pollution :

يوجد بمستوى عالي بالمياه الملامسة لصخور حاملة كبريتية كما يحدث تلوث المياه به من هواء المناطق الساحلية كملوث ثاثوي حيث الموانئ البحرية والتي يتم فيها تبخير السفن بعد إفراغ حمولتها وانتشار مناطق الحجب الصحي والصوامع والثلاجات المنتشرة فيها ومناطق تجميع زراعة الحمضيات لاستخدامه بصفة رئيسية في تبخيرها كذلك حول مناطق استخراج الذهب والفضة والمناطق الصناعية (مصانع طلاء المعادن و الاستوديوهات) كملوثات للهواء وفي نفس الوقت للمياه لصرف مياهها .

يؤدى تلوث المياه بالمبياتيد إلى الموت السريع حيث ينصب عملها على عمليات الأكسدة الحيوية بخلايا الجسم فتحدث عمليات خلل فسيولوجية سريعة تكون نتيجتها نقص كمية الأكسجين بالجسم كما أنها تثبط إنزيم السيتوكروم أكسيداز (Cytochrome Oxidase) .

وعند التسمم يحقن الفرد بينزوات الأميل أو نترات الصودا أو تكسر أنبوب نترات الأميل وتسكب على منديل يوضع أمام الأنف مع الحقن الوريدي بينزوات الصودا .

٧ - تلوث المياه بالكبريتات Water Sulphates (SO₄) Pollution :

يؤدى تلوث المياه بصرف مخلفات مصانع حمض الكبريتيك أو البطاريات إلى تلوث مياهها بالكبريتات وهنا يجب ألا يزيد مستواها في المياه عن ٢٥٠ مللج / لتر (٢٥٠ جزء في المليون) .

ويقاس مستوى التلوث بالكبريتات في عينة مياه بأخذ ١٠٠ ملل منها ثم يضاف إليها ١ ملل حمض هيدروكلوريك وتسخن للغليان ثم يضاف إليها نقطتين من كلوريد الباريوم (١٠ جم كلوريد باريوم مذابة ٩٠ ملل ماء مقطر غير مؤين) حتى يتوقف تكوين الراسب :



وتقاس عكارة العينة (Turbidity) على طول موجي ٤٥٠ نانومتر أو يرشح المحلول بعد تبريده ثم تنقل ورقة الترشيح لجفنه وتوزن بدقة ثم توضع بفرن على درجة ٨٠٠°م/ ٣٠ ساعة ثم تبرد وتوزن ويحسب وزن الكبريتات كما يلي :

وزن الكبريتات (ملج/لتر) =
وزن كبريتات الباريوم $\times 1000$ / حجم العينة.

حيث أن كل ١ ملج كبريتات باريوم تحتوى على ٠,٤١١٥ ملج كبريتات.

٨- تلوث المياه بالمنظفات الصناعية (الفوسفات) Water Detergent : Pollution

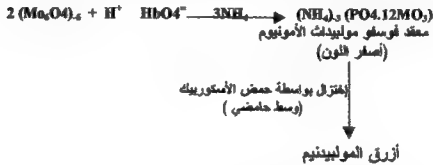
تعد المنظفات الصناعية الملوثة للمسطحات المائية أو التي توجد في مياه المجارى الملوثة للمياه أو التي توجد في مياه صرف المصانع المستخدمة لمركبات فوسفاتية غير عضوية إحدى مصادر الفوسفات المكثف مثل حمض الفوسفوريك الميثيليني (Mehtylene Phosphate) وحمض الداي فوسفوريك هيدروكسى ايثيلين (Hydroxyl Ethylene Phosphate) والفوسفات الموجودة إما :

- فوسفات عضوية .
- فوسفات غير عضوية: وهي إما: *أورثوفوسفات (H_3PO_4)
- *فوسفات مكثفة: ميتا فوسفات (HPO_3)
- وبيرو فوسفات.

وتستفيد الكائنات الحية الموجودة في المياه الملوثة بها من خلال عمليات البناء الحيوي بأجسامها ولكن زيادتها عن حد معين يؤثر عليها تأثير سيئ وهنا تظهر ظاهرة التسارع البيولوجي (Eutrophicated) للنباتات المائية الزامية بالمسطحات المائية الغير عميقة حيث يزداد نمو وكثافة هذه النباتات وتغطى على الكائنات الحيوية الأخرى لاستنفادها الأكسجين المذاب اللازم لتنفسها .

ويقاس مدى تلوث المياه بالفوسفات في صورة أورثو فوسفات بأخذ ١٠ ملل من المياه الملوثة بدورق ثم يضاف إليها ٣٠ ملل ماء مقطر غير مؤين ثم يضاف إليها ٨ ملل من المخلوط الثاني ١٠٠ ملل حمض كبريتيك

٥ عياري (١٤٠ ملل حمض كبريتيك مركز ويكمل الحجم لـ لتر بالماء المقطر الغير مؤين) ثم يضاف ٥ ملل موليبدات أمونيوم ٤% (٢ جم موليبدات مهيدرتة $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot\text{H}_2\text{O}$ وتذاب في ٥٠ ملل ماء مقطر وتحضر طازجة) ثم يضاف ٦٠ ملل حمض اسكوربيك (٢٠٦ جم في ١٠٠ ملل ماء + ١٠ ملل طرطرات بوتاسيوم + ٧,٨ جم $\text{K}_2\text{BOC}_2\text{H}_2\text{O}$ في لتر ماء) ويكمل الحجم بالماء حتى ٥٠ ملل وترك ٢٠ دقيقة ثم يقاس شدة اللون على طول موجي ٨٨٠ نانوميتر.



∴ تركيز الأورثوفوسفات (مللج/لتر) =

الكثافة الضوئية $\times ٣٥,٨٨ (k) / \text{حجم العينة}$

وتترجم القراءات من خلال عمل منحنى قياسي بإذابة ٤,٣٩ داى هيدروجين بوتاسيوم فوسفات ويكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر فتحصل على محلول فتحصل على :

محلول تركيز الفوسفات فيه =

$$٤٣٩ \times ٣٥,٩٠ / ١٣٦,٠٩ = ١٠٠٠ \text{ مللج / لتر.}$$

وتحضر منه تركيزات متدرجة تقاس على الطول الموجي ٨٨٠ نانوميتر.

ويستدل على تلوث المياه بالمنظفات (Detergents) السالبة التآين والتي غالبا ما تحتوى على أيونات صوديوم فهي أكثر الملوثات شيوعا بالمسطحات المائية (صابون-سلفونات البنزين القلوية : Alkyl Benzene)

(Sulfonate ، سلفونات الأوليفين Olefein Sulfonate) وتتميز بكثرة رغوتها ولها آثار خطيرة على الكائنات الحية النباتية والحيوانية وتقاوم عما البكتيريا فوصول تركيزها إلى ١٠ جزء في المليون كافى لقتل الأسماك والقشريات .

ويتم الكشف عنها بتكوين معقدات مع الكلورفورم وأزرق الميثيلين عند أس تركيز أيون هيدروجين (pH) = ١٠ حيث يؤخذ ١٠٠ ملل من عينة الماء وتوضع بقمع فصل ثم يضاف إليها ٢ ملل فوق أكسيد الهيدروجين (H₂O₂) ١٠% ثم ١٠ ملل فوسفات قلوي (١٠ جم صوديوم داى هيدروجين فوسفات في ٧٠٠ ملل ماء مقطر ثم يضبط رقم الحموضة (pH) = ١٠ باستخدام هيدروكسيد الصوديوم) ثم يكمل إلى لتر ويرج جيدا ثم يترك ليبرد خمس دقائق ثم يضاف ٥ ملل أزرق الميثيلين المتعادل ثم ٥ ملل كلوروفوم ويرج القمع جيدا ويترك لانتفصال السطح ثم تنقل طبقة الكلوروفوم لقمع فصل يحتوى على ١١٠ ملل ماء مقطر، ٥ ملل أزرق الميثيلين ويرج دقيقة (رجتين/ثانية) ثم ترشح طبقة الكلوروفوم بالقطن و تقاس الكثافة الضوئية عند طول موجي ٦٥٠ نانوميتر و الكلوروفوم كبلانك.

∴ تركيز المنظف مللج/لتر =

شدة الامتصاص x ١٧٠,٩٥ / حجم العينة .

الباب الثالث عشر

تلوث المياه بالكيمياويات

تلوث المياه بالعناصر الثقيلة (Water Heavy metals pollution) :

- تقسم العناصر المعدنية (Heavy Metals) إلى :
- عناصر معدنية كبرى (Macro : Major Elements) وتمثل ٣٥% من وزن الجسم مثل الكالسيوم (١,٢ - ٢%) والفوسفور (٠,٠٧ والصوديوم والبوتاسيوم والكلور والكبريت و الماغنسيوم .
 - وعناصر معدنية صغرى ضرورية للجسم (Micro : Essential elements) وقد تسمى بالعناصر الدقيقة كالحديد والزنك والنحاس والمنجنيز والكوبلت واليود والموليبدنيم .
 - أو العناصر المحتمل أنها ضرورية للجسم (Possibly Essential Elements) كالرصاص والكاميوم والزرنيخ والسيلينيوم والفلور والفانديوم والكروم والقصدير والنيكل والسليكون والبرورون والباريوم.
 - كما توجد عناصر غير ضرورية للجسم ملوثة (Non Essential Elements: Contaminant) مثل الألومنيوم والأنتيمول والبزموت والجرمانيوم والذهب والفضة والروبيديم وجدول التالي رقم (١٤-١) الأمراض وأعراضها التي تصيب الإنسان نتيجة تلوث مياه الشرب .

١- تلوث المياه بالرصاص (Water Lead Pollution) :

تتلوث المياه بعنصر الرصاص نتيجة ملامسة الهواء الملوث به للمسطحات المائية أو الهواء الملوث بعادم السيارات أو مداخن مصانع الكبريت والطلاء والورق والقصدير والصفائح كما يمكن أن تتلوث المياه نتيجة طلاء الخزانات وأنابيب المياه والجدران الداخلية أو يستخدم في اللحام والذي يتحول لكريونات رصاص لا تتحلل في الماء فيعيق تسرب الرصاص من جديد للماء وتزداد نسبة الرصاص في الليل والصباح الباكر لركوده المياه به . أو قد يكون مصدر التلوث هو سحب ملوثة به وممطرة وقد يكون مصدر التلوث هو صرف مياه مخلفات المصانع بالأشجار والبحار القريبة من هذه المصانع .

وتبلغ نسبة الرصاص بالمياه ١-١٠ ميكروجرام / لتر (١-١٠ جزء في البليون : ppb) . ولوحظت زيادة في تركيز الرصاص بشكل عالي مخيف في الآونة الأخيرة في مياه المحيطات فتضاعفت خمس مرات خاصة في شمال المحيط الأطلنطي وكذلك بلغ عدة أجزاء في المليون على المياه الإقليمية لشواطئ لبنان (أي على بعد يبلغ ٢٢٠ متر من الشاطئ) في حين بلغت مستوى هائل ومخيف للغاية (١٥٠ - ٤٨٠ جزء في المليون) بأنسجة الكائنات البحرية في خليج تسالونيك خاصة بالقرب من معمل إنتاج مركب تتر إيثيل الرصاص .

وتتراكم جزئيات الرصاص بأنسجة الكائنات الحية كالطحالب والقشريات ومن كلاهما ينتقل عبر السلاسل الغذائية الحيوانية ويصل في النهاية للإنسان .

وارتفاع نسبة الرصاص عن ٠,١ مللج / لتر (٠,١ جزء في المليون) بمياه الشرب يؤدي لظهور أعراض التسمم بالرصاص في صورة خطوط زرقاء مسودة باللثة وتكسير كرات الدم الحمراء وإمساك وانخفاض نسبة الهيموجلوبين مع ألم بالصرة أو تحتها وزيادة شدة الأعراض تؤدي لإضطرابات عصبية تصل للشلل الطرفي والصرع والتشنجات ثم غيبوبة (Comma) . كما أنه يعوق إفراز حمض اليوريك مما يؤدي لظهور أعراض مرض النقرس .

وتحتوي المياه السطحية على مستوى من الرصاص يبلغ ١٠ ميكروجرام / لتر ١٠ جزء في البليون : ٠,٠١٠ جزء في المليون / لتر) ويجب عدم استخدام مياه الشرب التي تصل فيها تركيز الرصاص إلى ٥٠ ميكروجرام / لتر (٠,٠٥٠ جزء في المليون) حيث يترسب في الأنسجة العظمية والكبد والكليتين في صورة ثالث فوسفات الرصاص يتراكم بالعظام مع فترات التعرض الطويلة ويحل محل الكالسيوم كما يتراكم بأنسجة المخ فيتلها مما يؤدي للصرع بوصول تركيزه إلى ١٠٠ ميكروجرام / لتر (٠,١ جزء في المليون) يصبح الماء السام . ولذا يجب عند استخدام مياه الصنبور العادي بالمنزل ترك المياه تتدفق بدون استخدام لعدة ثواني دون استخدامها حيث

يتسنى التخلص من نسبة عالية من الرصاص بها . ويوجد الرصاص بكميات ضئيلة بالجسم حيث يدخل عن طريق الفم عند الشرب المياه الملوثة به حيث تفرز نسبة منه بالبراز وأخرى بالبول عن طريق الكليتين ونسبة ثالثة تمتص وتصل حتى ٢٠% وتتحرك للكبد الذي بدوره يحركها مع العصارة الصفراء للأعضاء (في حين يدخل الرصاص مع الهواء الملوث المستنشق خلال الشعب الهوائية للدم و لا يمر عن طريق الكبد) ، ونظرا لتشابه عمليتي تمثيل الرصاص والكالسيوم في الجسم فإن العوامل المحفزة لتخزين الكالسيوم بالجسم تكون هي نفسها العوامل المحفزة لتخزين الرصاص .

ويؤدي التسمم المزمن بعنصر الرصاص الى تبدل فكري وتخلف عقلي وعدم المقدرة على التركيز مع ضعف في الذاكرة وصمم وفقدان النطق أو العمى ثم الشلل لليد اليمنى ثم اليسرى وأخيرا شلل المخ وفشل كلوي .

أما بالنسبة للأطفال فزيادة نسبة الرصاص بأجسامهم تؤدي لارتفاع مستوى الذكاء بوضوح (وذلك لزيادة نشاطهم مع قلة محتوى أجسامهم النسبي من الدم) .

ويلاحظ أن وجود الرصاص بدم الأم الحامل (٨ ميكروجرام / ١٠٠ ملل دم) يؤدي لولادة أطفال يحتوي دمهم على نسبة كبيرة من الرصاص وقد تصل الى ٢٥ ميكروجرام / ١٠٠ دم كما يؤدي الرصاص بدم الأم الى ولادة أطفال ذات أوزان أقل من المتوسط بحوالي ٢٠٠ جم وضعاف الاستجابة المؤثرات البصرية والسمعية لحدوث إعاقة في نمو خلايا المخ .

ويتم قياس مستوى تلوث المياه بالرصاص وتكون الفكرة هي تقديره بعد ترسيبة :

أ- يرسب بحمض الكبريتيك أو الهيدروكلوريك في صورة كبريتات رصاص أو كلوريد رصاص .

ب- يرسب بطرق كهربية كتفاعلات التحليل الكهربى حيث يتم ترسيبه على القطب الموجب في صورة ثاني أكسيد الرصاص ثم يوزن القطب قبل وبعد الترسيب .

ج- يؤخذ ٣٠٠ ملل من عينة الماء ويضاف إليها ١,٥ ملل حمض هيدروكلوريك ٢٤% وتغلي / ٤ ساعة على سطح ساخن ثم تبرد وتعادل النشادر حتى $\text{pH} = 4$. ثم يؤخذ منها ١٠٠ ملل لقمع فصل ثم يضاف إليها ملل محلول هيدرازونيوم (١٠ جم كلوريد صوديوم + ٥ ملل هيدروكسيد أمونيوم ٢٤% + ٣٥ ملل هيدروكلوريك مول / لتر ثم يكمل الحجم بالماء حتى ٥٠ ملل ثم يضاف ١٠ ملل من محلول سيانيد وطرطوات (٤٠ جم بيكرينات بوتاسيوم + ١٠ جم سيانيد بوتاسيوم + ١٠ جم طرطرات صوديوم وبوتاسيوم + ٤٠ ملل محلول نشادر ٢٤%) ثم يضاف ٥٠ ملل محلول الداى ثيرون (Dithiron 1.5-di phenyl thiocarbazon dithiozone) بإذابة ٣٠ مللج / لتر كلورفورم في زجاجة معتمة ثم ترج العينة ١٠ دقائق وتترك لتتفصل طبقة الكلورفورم وتقاس شدة كثافتها اللونية على طول موجي ٥١٠ نانوميتر مقارنة بالبلاذك (ماء مقطر غير مؤين) ثم تترجم الكثافة الضوئية من خلال منحنى قياسي لمحلول كبريتيد الرصاص المعامل بـ حمض نيتريك .

د- أو المعايرة بثيوكبريتات الصوديوم إذا ما وجد الرصاص بالعينة المائية بصورة كبريتات أو فوسفات فتعامل بخلات الأمونيوم لأذابتها أول .

هـ- تقدير مستوى تركيز الرصاص بجهاز الإمتصاص الذري على طول موجي ١١٧٧ نانوميتر ثم تترجم لتركيز من خلال منحنى قياسي لمركب الرصاص .

٢- تلوث المياه بعنصر الزئبق (Water Mercury Pollution) :

تعد ملوثات الزئبق العضوية أشد خطرا وسمية على الصحة العامة عن مركبات الزئبق الغير عضوية والتي يمكن لجسم الإنسان إفرازها بالبول (مثل ميثيل الزئبق - فينيل خلات الزئبق - داي ميثيل الزئبق) .

ويمكن سبب خطورتها وسميتها العالية في درجة ثباتها العالية : High) Stability وتراكمها الحيوي (Bio accumulation) داخل أنسجة الجسم خاصة بأنسجة المخ فتسبب مثل وتشوهات (Teratogenic) وضعف بالبصر والسمع علاوة على كونها مواد مطفرة (Mutagenic) فكلما زادت درجة صعوبة تحللها كلما زادت درجة خطورتها كما تتراكم بأنسجة الأسماك الموجودة في مياه ملوثة يصل تركيزها بها ٠,١ ميكروجرام / لتر (٠,٠٠٠١ جزء في المليون) وعند بلوغ مستوى تركيزه في مياه الشرب إلى ١٠ ميكروجرام / لتر (٠,٠٠١ جزء في المليون) تصبح مياه الشرب سامة حيث أن أقصى حد مسموح بتواجده في الماء (MACw) هو ٠,٥ جزء في المليون وتزداد خطورة الزئبق اللاعضوي بتحوله لمركبات زئبق عضوية سامة كميثيل الزئبق للكائنات الحية الدقيقة حيث أن المركبات الزئبقية العضوية أشد سمية وخطرا على الإنسان فهي تمتص وتتراكم في حين أن المركبات الزئبق العضوية يتم إخراجها عن طريق البول .

كذلك أظهرت التقارير عن تحليل عينات برووتين سمكة تم صيدها من بحيرة سانت كلير بكندا احتواءها على الزئبق في صورة ثنائي فينيل الزئبق يرتبط بالبروتين عن طريق ذرة الكبريت كذلك كان الحال في بحيرة ليمسان بسويسرا خاصة في حالة العوالق (الهائمات) النباتية والجسيمات والتي أعزيت لصرف مياه المصانع في مياه نهر الرون الذي تصل مياهه للبحيرة .

ويلاحظ أن تركيزه يزداد تركزا بارتقاء كائنات السلاسل الغذائية فهو بالإنسان < الطيور < الأسماك < القشريات < النباتات < الهائمات ويعزي ذلك لزيادة معدل تراكمه الحيوي على هذا النحو وهو ما يسمى بالتضخم الحيوي (Bio magnification) كما ظهر أثره الواضح في التراكم الحيوي

والتضخم بوضوح في مرض الميناماتا والذي ترجع تسميته إلى خليج ميناماتا في اليابان حيث أدى صرف إحدى مصانع البلاستيك لمخلفاته في مياه الخليج وكانت محتوية على ٥٠١ جزء في المليون زئبق مما أدى لتسمم الأسماك والصيادين وظهرت الأعراض في صورة لعنة في النطق وزغله وشلل بالأطراف لتدمير الخلايا العصبية في المخ والمخ الأوسط كما أدى لحدوث بعض حالات تغير جينية .

كما أدت إلقاء فضلات مصانع الزئبق لزيادة نسبة وفيت سكان نهر دوماسي في واشنطن أو نهر هومسون في نيويورك وبحيرة توركنش بولاية ميتشجان ولهذا قامت سلطات هذه الولايات الثلاثة بحظر السباحة أو تناول المياه أو الأسماك من هذه المصادر المائية الثلاثة .

ولقد بلغت نسبة الزئبق بالسواحل العربية المطلة على البحر الأبيض المتوسط ١ ملليجرام /كم سمك وهو ما يشير بأنه عند استهلاك ٢ كم سمك / أسبوعي يؤدي بدوره لامتصاص ما يساوي ٢ ملليجرام يثبت منها ٨٠ ميكروجرام بالجسم / أسبوع وعليه تظهر أعراضه (تأثيراته) الأولى بعد ٧ سنوات وتحدث الوفاة بعد ٢٠ عام ومما يجدر بالذكر في هذا الصدد وهو ما أثار الدهشة تواجد تركيزات ملحوظة من الزئبق في الحيوانات القطبية كاللبد القطبي والطيور كالبنجوين رغم بعدهما عن مصادر التلوث به وقد أعزى ذلك إلى حدوث تلوث بإحدى مراحل السلسلة الغذائية حيث انتقلت متبقيات الزئبق لها خاصة الأسماك .

وتقوم الكائنات الحية الدقيقة الغير هوائية مثل بكتيريا *C. losridum* و *Cocheaealcor* والتي يكثر وجودها في الترسبات المائية بتحويلها لمثل الزئبق أو داي ميثيل الزئبق وهو أشد سمية .

ويتم قياس مدى تلوث المياه بعنصر الزئبق بأخذ ٢٠٠ ملل من عينة الماء الملوثة ويضاف إليها حمض كبريتك ٠,٥ مول / لتر تدريجياً حتى يصبح أس تركيز أيون الهيدروجين = ١ وهنا تستخلص بمحلول ٢٠ ملل داي ثيزون (Dithizon) (٢/١ جم في ٢٠٠ ملل رابع كلوريد الكربون ثم

يغسل عدة مرات في قمع فصل بمحلول النشادر ٠,٥% حتى يصبح لونها أخضر ثم تغسل بالماء المقطر غير المؤين للتخلص من النشادر وتخفف قبل الاستعمال لعشرين ضعف رابع كلوريد الكربون (عدة مرات حتى يصبح لون المستخلص أخضر وتفصل الطبقة العضوية الخضراء) وتفصل عدة مرات بمحلول ٣٠ مل نشادر ٠,٥% ثم يضاف إليها ٢٥ مل حمض خليك ١٥% ثم تفصل الطبقة العضوية ويقاس الامتصاص على طول موجي ٤٨٥ نانومتر مقابل البلاتن المائي ثم تترجم قراءة الامتصاص لتركيز من منحنى قياسي بإذابة ٠,٣٣٨ جم كلوريد زئبق في ٥٠٠ مل حمض كبريتيك ٠,٥ مول / لتر فنحصل على محلول تركيزة ٥٠٠ ميكروجرام / لتر تخفف لعدة تركيزات في المدى بين ٥-٥٠ ميكروجرام / لتر .

٣- تلوث المياه بالكاديوم (Water Cadmium Pollution)

يتم تلوث المياه بعنصر الكاديوم نتيجة إلقاء مخلفات المصانع والتي تصل إلى ١٠٠٠ طن سنويا من معدن الكاديوم في المسطحات المائية خاصة مخلفات مصانع الماسير والطلاء أو لمرور مياه بمواسير بلاستيكية يدخل في تركيبها . والكاديوم ملوث خطر جدا لتراكمه بأجسام الكائنات الحية النباتية والحيوانية خاصة المائية منها كالسمك والقشريات وأخيرا يصل الإنسان بقمة السلسلة الغذائية (Food Chain) .

ويجب ألا يزيد مستوى تواجده بالمياه (MACw) عن ١٢٠ ميكروجرام / لتر (١٢% جزء في المليون) وزيادة مستواه عن ذلك تجعل المياه غير صالحة للاستخدام الآدمي وهنا يجب الأخذ في الاعتبار أن مواسير المياه البلاستيكية الصنع تؤدي إلى تسرب الكاديوم من مادتها للمياه المارة فيها وعند بلوغ مستواه بالمياه إلى ٢٠٠ ميكروجرام / لتر (٠,٢ جزء في المليون) تصبح المياه مميّنة ، حيث يؤدي الكاديوم إلى اضطراب في النمو العام مع تغيير في تركيب الدم وقر الدم (أنيميا) وظهور مرض (أيتاي-أيتاي) . كذلك حدث تسرب للكاديوم من نفايات إحدى المصانع المطلة على نهر

بالبرازيل للحالات تنسم في صورة اضطرابات عصبية وارتفاع في ضغط الدم حيث بلغت نسبته بأجسام أسماك مياه النهر الى ٢١ مللجرام / كج سمك .

ويمكن قياس مستوى تركيزه بعينة مياه ملوثة بأخذ ١٥٠ ملل من المياه ثم يضاف إليها ١٠ ملل حمض هيدروكلوريك ٢ مول / لتر ثم يسخن على سطح ساخن / ١٥ دقيقة ثم تبرد وتنتقل لقمع فصل ويضاف إليها ١٠ ملل طرطرات صوديوم وبوتاسيوم ٢٥% ثم يضاف نقطتين من دليل الميثيل اورانج ويعاير محتوى الدورق بهيدروكسيد الصوديوم ٢ مول / لتر حتى يتحول اللون البرتقالي الى أصفر ويقاس اللون على طول موجي ٥٣٠ نانوميتر وتُترجم الكثافة الضوئية (Optical density) الى تركيز من خلال منحني قياسي للكاميوم (١٠٠ مللجرام كاميوم ٥x ملل ماء مقطر غير مؤين ثم يضاف إليها ٢ ملل حمض هيدروكلوريك وتسخن حتى الذوبان الكامل ثم تكمل الى ٥٠٠ ملل بالماء المقطر الغير مؤين فيعطى محلول تركيزه ٢٠٠ مللج / لتر) (٢٠٠ جزء في المليون) .

ملحوظة :

قبل القياس تنقى المياه من عناصر الكوبلت والخاصين والنيكل والفضة من خلال إضافة ١ ملل من محلول ٥٠% هيدروكسيد الصوديوم محتوى على ١٢,٥% سيانيد بوتاسيوم ثم يضاف ٤ ملل هيدروكسيد امونيوم ٢٩,٥% ثم ٣٠ ملل من محلول ٥,١ -داي فينيل كريسول ٠,٠١% المذاب في الكلوروفورم ويرج / ٣ دقيقة ويترك لانتفصال طبقة المزيل ثم ينقل لقمع فصل ويضاف إليها ٥٠ ملل من حمض الطرطريك ثم تستخلص بواسطة ٢٠ ملل كلوروفورم لطبقة حمض الطرطريك كما يلي :

- محلول هيدروكسيد امونيوم كلوريني ٢٩,٥% ثم ٣٠ ملل محلول داي فينيل كريسول (١٥ مللج / لتر كلوروفورم) .
- تضاف ١٠ ملل هيدروكسيد صوديوم ٥٠% تحتوي على ١٢,٥% سيانيد بوتاسيوم .

- ترج المحتويات وتفصل طبقة الكلوروفورم وتقاس على طول موجي ٥٣٠ نانوميتر كما سبق .

٤- تلوث المياه بعنصر الزرنيخ (Water arsinous pollution) :

يحدث تلوث للمياه بعنصر الزرنيخ من عدة مصادر أكثرها التعرض لبقايا السموم الزرنيخية المستخدمة في مكافحة الآفات الحشرية والحيوانية والحشائش سواء لأنجرافه في الهواء (Drift) أثناء الرش أو أثناء التعفير وسقوطها على الأسطح المائية المحيطة أو المترسبة منها على الأسطح المعاملة والتربة والحادث لها عملية سريان (Dripping : Run off) أو غسيل (Washing) ثم تتخلل حبيبات التربة وتتشرب (Leaching) حتى تصل إلى المياه الجوفية وكذلك مياه صرف المصانع والقائمة بطحن وتجهيز مستحضراته .

ويلاحظ أن مركبات الزرنيخ الثلاثية أشد في درجة سمييتها عن الخماسية (Penta valent) لارتفاع معدل ذوبان الأولى كثيرا في الماء (حيث لمعدل الذوبان وكذلك درجة نعومة المادة أثرهما الفعال في ارتفاع السمية فكلما زادت درجة النعومة كلما زاد معدل التخلل و الامتصاص ، كذلك فكلما زادت نسبة الذوبان زادت نسبة انفراد الزرنيخ الذائب في الماء (حيث تؤدي ارتفاع درجة الحرارة أو الرطوبة النسبية أو الندى أو زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون بالجو كذلك المناطق الساحلية حيث زيادة مستوى كلوريد الصوديوم بالجو إلى زيادة انفراد الزرنيخ الذائب) والتالي تردد درجة السمية والضرر الجانبي على النباتات والحيوانات وبامتصاصها بالجسم خلال الجلد أو بوصولها للقناة الهضمية عن طريق شرب مياه ملوثة بها أو أطعمة تحتوي على مخلفاتها تبدأ أعراض التسمم المعدي في صورة آلام شديدة بالمعدة ثم إسهال وتبول مدمم وشحوب وبرودة بالجسم مع العطش ونقص التنفس ثم يدخل في غيبوبة فالوفاة ، حيث تبلغ الجرعة القاتلة ٥-١٠ ملليجرام / كج من وزن الجسم تبعاً لنوع الكائن المعامل ونوع المركب الزرنيخي .

ويوصلها للجسم ترتبط بذرات كبرت المستقبلات الحيوية (Bio receptors) خاصة الإنزيمات المحتوية على مجاميع سلفهيدريل (-SH) فتتبطها مثل إنزيم لاكتيك ديهيدروجينيز وألفا جيسرو فوسفات ديهيدروجينيز والسيتوكروم أكسيديز فهي تستهدف روابط الكبريت وتكوين مركبات كبريتية فتختفي مجاميع السلفهيدريل الحرة والتي تقوم بدور كبير في المحافظة على الشكل المميز للبروتين لذا فالحقن بالجلوتاثيون أو البال (PAL) يمنع استمرار التسمم لتتأصل مجاميع السلفهيدريل على جزئيات الزرنيخ وترتبط به وتبعده عن الأنسجة بما يؤدي لعمليات ترسب : تجلط (Coagulation) خاصة عند ارتفاع تركيزه فجزئيات المركبات الزرنيخية تستهدف في المقام الأول روابط الكبريت والتي لها دورها الهام في حفظ الشكل البنائي المميز (Configuration) لجزئتي البروتين .

كما ترتبط مع المرافق الأنزيمي (أ) بالإنزيمات التي تقوم بنزع الهيدروجين من المركبات الحيوية أو ترتبط بالمواد المؤكسدة فتمنع عملية الفسفرة التأكسدية لجزئيات الادينوسين داي فوسفات (ADP) وتكوين الناتج المفسفر (ATP) .

ويلاحظ إمكانية تخلص الجسم من التركيزات المنخفضة بواسطة الكلية وإخراجها عن طريق المسار البولي وفي بعض الأحيان يفرز في البراز حيث ظهر في الأبقار لمدة تصل إلى ١٤ يوم بينما وصلت في البراز حتى ٧٠ يوم وهنا يجب الأخذ في الاعتبار في هذا الصدد بأن التركيزات الضعيفة منه تعد منشطة للجسم وقاتحة للشهية (أكلة الزرنيخ) أما في تاوان فينتشر مرض القدم السوداء (Black Foot) لارتفاع مستوى الزرنيخ في مياه الشرب الجوفية كذلك وجدت تركيزات عالية منه في مياه شرب بقرية توربان بالمكسيك (٤-٦ جزء في المليون) .

أما عند التعرض لجرعات عالية عن الحد الذي يمكن عنده أن يتخلص الجسم منها فإن الزائد عن الحد منها يتجمع بالدرجة الأولى

بالكبد فيسبب تدهن الكبد (Fatty Liver) ثم الكلى ثم في بعض الأنسجة الأخرى كالعظام والجلد والأظافر والشعر .

أما بالنسبة لتأثيرات مركبات الزرنيخ السامة على النباتات والتي يتخللها سواء عن طريق الموضع الرقيقة في كيويكل الأوراق بالمجموع الخضري حيث يبقى بها و لا يتحرك . ويلاحظ أن درجة التخلل تزداد بارتفاع الرطوبة أو عن طريق الجذور فترتفع فيها لأعلى بالمجموع الخضري وهنا يؤثر كسم بروتوبلازمي (Protoplasmic poisons) فتسود الأوراق وتموت (حروق موضعية) . وتحدث عقب عملية إمتصاصه خلال المجموع الخضري زيادة سرعة التنفس وهنا تتحول الأوراق للون الأصفر ثم تسقط .

٥- تلوث المياه بغاز الكلور (Water Chlorine Pollution) :

غاز ملوث ثانوي موضعي للهواء الجوي وهو من أخطر الملوثات الثانوية (أي الغازات المحلية بمناطق معينة وهي مناطق التصنيع والتي يدخل في موادها الأساسية الكلور أو مركباته) وكذلك من مياه المجاري حيث يحتوي البول على كمية عالية من الكلوريدات فكلما زاد مستوى تلوث المياه بالكلور كلما دل ذلك على زيادة مستوى تلوثها بمياه المجاري .

ويعد غاز الكلور شديد السمية فهو أكثر سمية من أكاسيد الكسبريت علاوة على تأثيره المهيج خاصة لأنسجة الرئة وذلك نتيجة تأثيره على بطانة القصبة الهوائية كما أنه قد يصل للجسم مع مياه الشرب أو الأغذية الملوثة به فيمتص ويخرج بالكلى عن طريق البول .

وتقوم الكلى بإخراج الكلور الزائد من الجسم بواسطة هرمون الألدوستيرون وإخراجه يكون مرتبط بتظيم إخراج وإعادة امتصاص

الصوديوم هرمونيا كما يتم إخراج بعض منه بالعرق (Sweating) أو القيء (Vomiting) أو الإسهال (Diarrhea) .

ويوجد بالجسم حوالي ١٤٠ جم كلور (٣% من وزن العناصر بالجسم) فهو الأيون المالب بالسوائل الموجودة خارج الخلايا فتحتوي بلازما الدم على ٠,٣٧٠ جم / ١٠٠ ملل (أي ١٠٥ ملليميكافىء / لتر) كما يحتوي سائل النخاع الشوكي على أعلى تركيز (٠,٤٤٠ جم / ١٠٠ ملل) ، كما يفرز الكلور في صورة حمض هيدروكلوريك بعصارة المعدة مسببا حموضتها (Gastric Acidity) الضروري لهضم المواد البروتينية .

كما يساعد الكلور بمستواه الطبيعي بالجسم على تنظيم الضغط الأسموزي لسوائل الجسم وحفظ التوازن الحامضي للقاعدي للدم بإبقاء الحموضة ثابتة بالدم (٧,٣٣) ويحل محل أيونات البيكربونات (HCO_3) بكرات الدم الحمراء ويسمى ذلك بانتقال الكلوريد (Chloride Shift) .

أما زيادته بالجسم فيزيد من نشاط قشرة الغدة الكظرية (Adrenal gland) فيرتفع تركيزه بالدم وتظهر أعراض مرض (Hyper chlorine Alkalosis : Cussing disease)

والحد الأقصى المسموح بتواجده في المياه من الكلوريدات (MACw) وهو ٢٥٠ مللج / لتر (٢٥٠ جزء في المليون) وهذا المدى لا يؤثر على طعم المياه كما أنه ليس له أي تأثيرات بيولوجية على الكائنات الحية النباتية والحيوانية ولكن له آثار ضارة على النباتات المائية والكائنات المائية خاصة كما أن له أضرار على المحاصيل الزراعية وتظهر أعراضه في صورة بقع ميتة (Necrosis) بين عروق الأوراق خاصة مع النباتات البقولية والطمطم والدخان والخيار حيث تبدو البقع الميتة (المتكزة) في صورة نخر أو تسوس ثم يبدأ اللون الأصفر في الانتشار حتى يعم كل المساحات بين العروق بالورق .

ويجب الأخذ في الاعتبار أن خطوة المعالجة لمياه الشرب بالكlor أي عملية الكلورة (Chlorinating) تؤدي لتكوين مركب بارا-كلوروفينول ومركب ٤,٢ - داي كلوروفينول وينسب أقل من المسموح بتواجدها عالميا حيث تختلف محطات تنقية مياه الشرب في قدرتها على التخلص أو التقليل من نسب الملوثات في مياه الشرب فتبقى ولكن بنسب أقل من النسب المسموح بها من قبل هيئة الصحة العالمية .

ولقد أثبتت الدراسة أن عمليات المعالجة تؤدي إلى التخلص نهائيا من مركب الددت (DDT) ومماكنه الممثل ددا (DDE) في حين أنها لا تؤثر بالدرجة الكافية على مستوى التلوث لمركب مسامس كلوريد البنزين لارتفاع درجة ذوبانها عن متبقيات مركب ددت .

ويقاس مستوى تركيز الكلوريدات في عينة مياه ملوثة بإحدى الطرق التالية :

أ- من خلال معايرة عينة قدرها ٢٠ ملل ماء يتم ضبط لاس تركيز أيون الهيدروجين بها أول بين ٥-٩,٥ ثم يضاف إليها ٤ ملل ماء مقطر غير مؤين ثم يضاف ١ ملل كرومات بوتاسيوم ٥% كدليل فيصبح لون المحلول أصفر ثم يعاير المحتوى بمحلول ١/٥ ٣٥. من محلول نترات الفضة فتتحول للون الأحمر ويكون :

تركيز مستوى الكلوريدات بالمياه هو (ملنج/ لتر) =
الحجم المعاير به × ١٠٠ / حجم العينة .

ب- أو يقاس تركيز مستوى الكلوريدات من خلال تفاعل ثيو سيانات الزنثييك (Mercurous Thio cyanate) مع الكلوريد مكونا كمية مساوية من كلوريد الزنثييكور والثيوسيانات والتي تتفاعل بدورها مع أملاح الحديد مكونا ثيوسيانات الحديد ذات اللون الأحمر والذي يقلس شدة كثافته الضوئية على طوله الموجي . ويلاحظ أنه يجب إزالة أيونات البروم واليود قليلا حيث تؤدي لنتائج خاطئة .

كما أنه يجب إزالة أيونات الحديد فيقل تقدير الكلوريد بإضافة ١ جم أكسيد خارصين / ١٠٠ ملل عينة ماء . كما يجب إزالة أيونات الكبريتيت (Sulfite) والكبريتيد (Sulfide) بإضافة نقط من فوق أكسيد الهيدروجين .

٦- تلوث المياه بالسيلينيوم (Selenium Water pollution)

يؤدي زيادة مستوى تلوث الماء بعنصر السيلينيوم لتأثيرات خطيرة على الكتلة الحية (Biota) . ويلاحظ ارتفاع مستوى تركيز السيلينيوم بالمياه بجنوب أفريقيا حيث لوحظ ارتفاع مستوى تركيزه بالأفراد بجنوب أفريقيا و فلسطين وكندا وفنزويلا و روسيا وأيرلندا . أما مستوى تركيزه بالنباتات كالخضر والفاكهة والمحاصيل فيعتمد على محتوى التربة الملوثة فتتراوح بين ١٠٠-٣٠٠ مللج / كج بالنباتات الجافة .

ويوجد أقصى تركيز للسيلينيوم بالكبد (١٥ مللج) بينما يحتوي البلازما على ١٥٠ ميكروجرام / لتر أما وجوده بالإنسان يقيه من مرض الكيشان (Keshan) الهادم والمنكسر لنسيج الكبد . كما يوجد السيلينيوم بأنزيم الجلوتاثيون بيروأكسيدز والذي يعمل على إزالة فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) ويمنع تأكسد الدهون وترنخها وتظهر أعراض التسمم به كبلادة وتصلب المفاصل وفقدان الشعر بمؤخرة الرأس والعنق .

٧- تلوث المياه بالنحاس Water Copper pollution

يدخل النحاس الجسم عن طريق المياه والأغذية الملوثة أو الهواء الملوث ثم يمتص بالأعضاء معتمدا على البروتين المرتبط (Metallo thionine) بألية غير واضحة لأن وله في ذلك علاقة بالزنك والكادميوم وسرعان ما يرتبط بالفا-جلوبيولين : سيرولوبلازمين (Ceruloplasmine)

ويخزن بالكبد كبروتين يسمى (Hepatocupreina) حيث يطلق على هذا البروتين بروتين كرات الدم الحمراء (Cerebrocuprin) خلايا الأعصاب اسم مشترك هو (Cytocuprin) .

ويطرح النحاس خارج الجسم عن طريق البراز مع إفرازات الصفراء أو يخرج في البول (٤%) . ويدخل في عمل أنزيم السيبتوكروم أكسيديز (Cytochrome Oxidase) والأسكوريك أكسيديز (Scorpic Oxidase) والتايروسينيثيز (Tyro synthetase) واليوريكيز (Uricase) وضروري لتمثيل الطاقة وتكوين الهيموجلوبين . كذلك فوجوده يحسن من امتصاص الحديد من خلايا جدر الأمعاء وتحركه بين الكبد للبلازما لبناء الهيموجلوبين كما يدخل في تكوين العظام والميلين بالمخ ولذا فنقصه (Hypocupremia) تؤدي لمرض الكلى والتخلج (Neonatal Ataxia) والسقوط (Falling disease) لضمور وتليف عضلة القلب ونقص الإخصاب وموت الجنين وضعف التنفس وتشوه الأجنة أما زيادة مستواه بالدم والأنسجة خاصة أنسجة الكبد فيؤدي لمرض ويلسون (Wilson) لحدوث تغيرات بنسيج المخ والكبد فيتراكم بالكبد وقرنية العين والكلى والمخ ويعالج بالمواد المستحلبة (Penicillamine) والزنك الذي يزيد إفرازه خارج الجسم والتسمم الحاد بالنحاس نادر ما يحدث حيث يتطلب ذلك جرعة تبلغ ٢٠ مللجرام / كج . وتؤدي زيادة مستوى المولبدنيم (Molybdenum) بالجسم لزيادة فقد النحاس بالبول إلا أنه بقي الأسنان من التسمم ربما لأثره في الاحتفاظ بالفلور بالجسم ويلاحظ أيضا ارتباط الأعراض معا فزيادة الجسم تؤدي للتسمم وظهور مرض (Peat scours) والمعالج بإعطاء مركبات محتوية على النحاس لتضاد فعلها أما نقص المولبدنيم فيؤدي لإسهال ونقص النمو وققد الدم وتأخر نضج كرات الدم .

٨- تلوث المياه بعنصر الحديد Water Iron Pollution

حيث يكون صورته بالماء على هيئة ملح ذائب هو بيكربونات الحديد التي تعرضه للهواء الجوي يتحول للون الأحمر الفليني . وتلوث المياه بالحديد لا يغير من طعمها ولكن زيادة مستواه عن ٠,٣ مللج/لتر يؤدي لعسر في الهضم وإمساك . وتحتوي بعض مصادر المياه الجوفية على تركيزات تصل ٥-٧ مللج/ لتر .

الباب الخامس عشر

تلوث المياه الميكروبي

التلوث الميكروبي للمياه (Water Microbial Pollution) :

يتم تلوث المياه ميكروبيا عند امتزاجها بمياه الصرف الصحي والتي تحمل العديد من أنواع البكتيريا مثل :

١- السالمونيلا (Salmonella)

وهي بكتيريا عسوية سالبة لجرام (عصويات التيفود) والمسببة لمرض التيفود والباراتيفود (السالمونيلا لوزيس) ويحدث المرض بعد وصول البكتيريا للقناة الهضمية من خلال الفم وهناك تهاجم النسيج الليمفاوي وتتكاثر بسرعة عالية وتتسرب منه للشعيرات الدموية ثم لتيار الدم وهنا تظهر الأعراض في صورة ارتفاع في درجة الحرارة والرعشة وعرق غزير وخمول طفح جلدي وهنا تهاجر البكتيريا من الدم للكبد والمرارة والكلية والطحال ثم تعود للقناة الهضمية مع الدم ثانية وهنا يظهر إسهال شديد لذا يتم فحصها من خلال الدم أو البراز .

٢- الشيجيلا (Shigella) :

وهي بكتيريا عسوية سالبة لجرام لكنها لا تتحرك (عصويات الدوسنتاريا الباسيلية) وتحدث إصابته بتناول مياه ملوثة أو طعام ملوث بالفم وتظهر أعراضها في صورة إسهال حاد مع مغص شديد ونوبات قيء .

٣- فيبروكلوليرا (Vibrio cholera) :

بكتيريا عسوية سالبة لجرام. وتحدث العدوى بتناول مياه شرب أو طعام ملوث نتيجة غسله بمياه ملوثة وتظهر أعراضها بالقيء والإسهال ولون أصفر للبراز ثم يبيض ويتحول لسان أبيض عكر ونتيجة الإسهال المتكرر (٢٠ مرة / يوم) والقيء يفقد الجسم أملاحه وسوائله مما يؤدي للجفاف

والموت لذا يعامل الماء بنسبة عالية مع الكلور مع إعطاء المصاب محلول ملح وجلوكونز بالحقن مع مضاد حيوي .

٤- شبه عصويات القولون :

وهي بكتريا سالبة لجرام تدخل القناة الهضمية نتيجة شرب مياه ملوثة بها أو أكل خضروات طازجة ملوثة أو تم غسلها بماء ملوث ولا تسبب أي ضرر وقد تسبب إسهال للأطفال وتحت ظروف خاصة تهاجر مع الدم ويستقر في بعض الأعضاء كالكبد والكلى والأجهزة التناسلية والحالب المثانة والعظم محدثة التهاب شديد وخراج وفي حالات نادرة تسبب التهاب سحائي في الأغشية المحيطة بالمخ والحبل الشوكي .

٥- ليبتوسبير : (مرض ويلز) *Leptospira*

حيث تعيش هذه البكتريا في الجهاز البولي للفئران التي تعيش بالمستنقعات والمياه الراكنة كالبرك والمجاري وتخرج مع البول ويتسلل الفئران لخزانات المياه تحدث العدوى بالشرب أو عن طريق جروح بالجلد وهنا ترتفع درجة الحرارة مع رعشة واصفرار خاصة لبياض العين وطفح جلدي ويقع خلوية بالأغشية المخاطية والتهاب الجهاز البولي وزلال بالبول المصحوب بدم والتهاب ملتزمة العين وارتفاع عدد كرات الدم البيضاء .

كما تتلوث المياه بالعديد من الحيوانات الأولية كالأميبيا الطفيلية مثل الأنتميبيا هستولتيكا وهي أوليات وحيدة الخلية تقوم بجميع وظائفها وتؤدي لتحلل الأنسجة وتسبب مرض الدوسنتاريا الأميبية (الزحار الأميبي) وتعيش بالأمعاء الغليظة وتحدث العدوى بها لشرب مياه ملوثة أو خضروات تم غسلها بمياه ملوثة وتظهر أعراضها في صورة اضطرابات بالأمعاء وميل متكرر للتبرز مع نزول دم مخاطي ويخترق الطفل عند شدة الإصابة جدار الأمعاء وينتشر بالدم والكبد والرئتين .

كذلك فالجيارديا وهو طفيل وحيد الخلية سوطي كالأميبا يقوم بجميع وظائف الحياة تعيش داخل الجهاز الهضمي بالأمعاء الدقيقة وله أربعة أزواج

من الأسواط وعريض من الأمام ومدبب من الخلف ويخرج مع براز المصاب وتحدث العدوى به يشرب مياه ملوثة أو غذاء ملوث بمياه ملوثة حيث ينتشر من بيارات الصرف الصحي إلى المياه الجوفية وتؤدي الإصابة به لعدم انتظام التبرز مع إسهال وألم بالمعدة وبراز دموم وينحصر نشاطه بالأمعاء فقط .

كذلك فالبلانتيديوم كولاري طفيل هدي بيضاوي وحيد الخلية يتحرك بأهداب كثيرة وتحدث عدوى به لشرب مياه ملوثة أو التغذية على خضراوات ملوثة أو خضراوات وفواكه مغسولة بمياه ملوثة ونشاطه قاصر على الأمعاء الغليظة .

تلوث الهواء بالبكتيريا الهوائية : تلوث المياه بالمواد المستهلكة للأكسجين
: الطلب البيوكيميائي للأكسجين (Biochemical Oxygen demand : BOD) :

يؤدي تلوث المياه بالبكتيريا الهوائية مثلا والتي تستخدم الأكسجين الجوي الذائب في الماء في التنفس إلى نقص حاد في الأكسجين بالماء مما يؤدي لتنشيط البكتيريا اللاهوائية والتي تفكك المواد العضوية بعملية التخمر مما يؤدي لتعفن الماء وهنا تبدأ الكائنات الحيوانية المائية في هجرة الماء لتقص الأكسجين وتعفن الماء ، وعليه فإن تحلل المواد العضوية خاصة التي تصل مع مياه الفضلات من أهم عوامل استنزاف الأكسجين في الموارد المائية ويلاحظ أن سرعة التحلل تتناسب طرديا مع كمية الأكسجين المستنفذة (BOD) أي أن :

$$YK = - dt / dy$$

حيث : Y هي مركب الأكسجين المتبقي (BOD) عند الفترة الزمنية t
K₁ ثابت التحلل .

كذلك تعد الفضلات المحتوية على مواد عضوية هيدروكربونية أو كبريتية أو نيتروجينية أو فوسفورية إحدى المركبات المستهلكة للأكسجين فعند تحلل المواد الهيدروكربونية العضوية بالبكتيريا الهوائية ينتج ثاني أكسيد الكربون في حين أن تحلل المركبات يعطي كبريتات (SO₄⁻²) ، أما المركبات النيتروجينية

فتعطي نترات (NO_3^-) والمواد العضوية المحتوية على فوسفور (PO_4^{3-}) أو أورثوفوسفات (HPO_4^{2-}) في حين أن الأولى تتحلل باليكتريا اللاهوائية لغاز الميثان أما الثانية فتتحل إلى كبريتيد الهيدروجين (H_2S) أما الثالثة فتتحل إلى نشادر (NH_3) .

إن قياس الأكسجين الذائب في الماء (الذي لا يقل عن ٢ مللج / لتر) يعد مؤشر واضح لتلوث مياه المجاري والملوثات العضوية وغير العضوية (يلاحظ أن التلوث الحراري للماء وارتفاع درجة حرارته تؤدي لنقص الأكسجين بمعدل ٣% في نفس الوقت يرتفع النشاط البيولوجي للكائنات الحية فيزداد حصولها على الأكسجين الذائب أما المواد العضوية كالجلوكوز فتتأكسد بيولوجيا خلال خمسة أيام بصورة كاملة وهنا يحتاج الأكسجين بدرجة كبيرة وهو ما يسمى بالطلب الأقصى للأكسجين (Ultimate Oxygen Demand : UOD) .

تعتمد طريقة Winkler في القياس على تثبيت الأكسجين الذائب في الماء بأيونات الماغنسيوم في الوسط القاعدي فيتكون هيدروكسيد ماغنسيوم يحول أيونات اليود بالوسط الحمضي لعنصر اليود (تبعاً لتركيز الأكسجين الذائب بالماء) ثم يعاير اليود بالثيوكبريتات:



حيث تؤخذ عينة مياه (٣٠٠ مل) ويحرص لعدم تكون فقائيع هواء بداخلها أو عكارة ثم يضاف إليها ١ ملل كبريتات منجنيز (١٠٠ جم تسذاب في ١٠٠ مل ماء مقطر عند تمام الذوبان ثم تكمل إلى ٢٠٠ مل بماء غير مؤين) ثم يضاف للمحتوى السابق ١ ملل يود قلوي (٧٢ جم هيدروكسيد صوديوم + ٤٠ يوديد بوتاسيوم + جم أزيد صوديوم ثم تكمل إلى ٢٠٠ ملل ماء مقطر غير مؤين) وتترك خمسة دقائق مع التحريك ثم يضاف ١ سم ٣ حمض كبريتك ١٢,٢% وترج جيداً وتترك نصف ساعة بالظلام، ثم يعاير بمحلول ٨٠/١ عياري ثيوكبريتات الصوديوم وعند ظهور اللون الأصفر

الباهت يضاف ١ ملل من النشا كدليل وتستمر المعايرة حتى ظهور اللون الأزرق .

تركيز الأكسجين الذائب (مللج / لتر) =
حجم ثيوكيريتات الصوديوم $\times 0.1 \times 1000$ / حجم عينة الماء

- حيث كل ملل ثيوكيريتات الصوديوم = ٠.١ مللج أكسجين ذائب
- ويطرح الجزء المزاح من حجم عينة الماء (حجم كبريتات المنجنيز + حجم اليود : ٢ ملل) .
- تضاف نقطة بيكربونات الأمونيوم (٣٥ جم مذابة في ٥٠ ملل ماء مقطر) للمحلول لعدم تداخل أيونات المنجنيز الملونة التي تتحول لكاربونات المنجنيز لا تتداخل لونيا في الوسط .
- يجري التفاعل على درجة ٥٠° م وضغط جوي ٧٦٥ ملل ز للحصول على نتائج أكثر دقة فارتفاع الحرارة يؤدي لنقص التعرض للأكسجين وهنا تصحح النتائج من جداول خاصة بذلك .

ولقياس الأكسجين الحيوي المستهلك (BOD : Biological Oxygen Demand) :

لقياس الأكسجين الحيوي المستهلك بالبكتريا الهوائية لإتمام الأكسدة الحيوية كمؤشر للكشف عن كمية المواد العضوية والمخلفات البشرية والصناعية (منتجات البترول الملوثة والمستهلكة للأكسجين بالممسطحات المائية فأكسدة المواد العضوية الملوثة بالبكتريا تؤدي لاستهلاك الأكسجين الذائب بالماء) .

يؤخذ ٥٠٠ ملل من الماء الملوث ثم يمرر به الهواء ليصل بتركيز ٢٠-٣٠ مللج / لتر ثم يعبا بزجاجتين ٢٤١ بكل منها ١٢٠ ملل مع عدم تكوين فقائع هواء ويتم تركيز الأكسجين الذائب أولا بالأولى والثانية تحضن على ٢٠°م/ ٥ يوم ثم يقاس الأكسجين الذائب بها والفرق بينهما يعطي الأكسجين الحيوي المستهلك (مللج / لتر) . يلاحظ أنه في حالة زيادة درجة التلوث تجري تخفيفات متوازية مع درجة التلوث بالماء المقطر الغير مؤين ثم يضاف ١ ملل من المحاليل الأربعة التالية / لتر ماء .

- أ- محلول كلوريد كالسيوم (٥.٥ جم / ٢٠٠ مل ماء غير مؤين) .
- ب- محلول كبريتات ماغنسيوم (٥ جم / ٥٠ مل ماء غير مؤين) .
- ج- محلول كلوريد حديدك (٠.٢٥ جم / ٢٠٠ مل ماء غير مؤين) .
- د- محلول منظم الفوسفات (٨.٥ جم / ١٤٠ مل ماء غير مؤين) .
- هـ- محلول ثيوكبريتات صوديوم (٠.٠١ مول / لتر) لإبطال تأثير الكلور .

ولقياس الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD: Chemical Oxygen Demand) :

يتم قياس الأكسجين الكيميائي المستهلك بمركبات تؤكسد المواد العضوية الملوثة / لتر ماء دون تدخل الكائنات الحية (كالبكتريا) كمؤشر فيستخدم داي كرومات البوتاسيوم أو برمنجات البوتاسيوم كمادة مؤكسدة قوية ولكن تفضل الأولى لثباتها ضوئياً أو لاحتواء العينة على بقايا سليولوز غير قابل للتحلل البيولوجي ١٠ دقيقة وتترك ثم يضاف ٥٠ مل ماء مقطر غير مؤين ويترك ليبرد مرة أخرى ، ثم يعاير المحلول بكبريتات أمونيوم حديدي (Ammonium Iron II Sulfate) ١٩,٦ جم مع قليل من الماء المقطر الغير مؤين + ١٠ مل حمض كبريتك مركز ويكمل الحجم إلى ٥٠٠ مل ويجب معايرته يومياً للتأكد من قوته بمعايرة ١٠ مل داي كرومات بوتاسيوم وليكن الحجم اللازم للمعايرة ١٢ فتكون عيارية = ١٢/٢٥ وتتم عملية المعايرة في وجود دليل (Ferroion) ٠,٦٩ جم كبريتات حديدوز مميّنة $\text{FeSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ في ١٠٠ مل ماء ثم يضاف إليها ١,٤٨٥ جم (Phenanthroline monohydrate) مقابل الماء المقطر الغير مؤين بالبلانك القياسي (مقارنة) .

كمية الأكسجين الكيماوي المستهلك (ملج / لتر) =
(حجم كبريتات الامونيوم الحديدي العينة المقارنة - حجمها بالعينة)
× العيارية (٠.٠١ مول / لتر) × ح (١٢/٢٥) حجم العينة .

الباب السادس عشر

تلوث المياه بزيوت البترول

تلوث المياه بزيوت البترول (Water Petrol oil Pollution) :

يحدث التلوث المباشر بزيوت البترول للمسطحات المائية عن طريق حوادث غرق السفن الحاملة للبترول (ناقلات البترول) أو تصادمها بأخرى أو يشعب مرجانية أو صخور بالمياه مما يؤدي لتسرب كمية من زيت البترول مباشرة للماء فتطفوا على السطح وتعطي مساحات كبيرة منها بصورة بقعة ثم تنتشر وتتحرك هذه البقعة على حركة المياه والهواء لمسطح آخر وهكذا يتم انتشارها بسهولة من مكان لآخر في صورة طبقة رقيقة (مثل حادثة ناقلات البترول Torrey - canyon سنة ١٩٤٦ والتي تسرب منها ١١٨,٠٠٠ طن بترول كذلك ناقلات البترول Urquiola والتي تسرب منها ٨٠,٠٠٠ طن بمرق كوردينا بأسبانيا) .

كذلك يزداد معدل انتشار البقع الصغيرة خلال الممرات (المسارات) التي تتحرك خلالها ناقلات البترول فالبحر الأبيض المتوسط وبحر المانش أكثر البحار تلوثا حيث قدرت كمية البترول الطافية على مياه البحر الأبيض المتوسط بحوالي ١٠ مليون طن / عام كما يزداد معدل انتشار هذه البقع حول منصات تكرير البترول في عرض البحر حتى بلغت نسبة الهيدروكربونات الحلقية بالماء نحو ٠,٢ جزء في المليون كذلك يؤدي بقاء السفن و شاحنات البترول على أرصفة الموانئ بغرض الصيانة أو الإصلاح أو خدمة المحركات (وهو ما يؤدي لبقاء هذه الناقلات فترة من الوقت يطلق عليها فترة راحة الناقلات Dry Docking) أثناءها يتم صرف أي بقايا بترولية في مياه الميناء على الصرف الخاص بطاقم الناقلات .

كذلك يؤدي تواجد بعض الحقول البترولية وسط مياه البحر أو المحيط (Off shore oil production) لتسرب كميات لوئاس بها من الزيوت في المياه ولهذا تقوم الأرصفة البترولية العائمة لحقول البترول بتركيب مصائد لتصيد الزيت المتسرب للمياه ، كذلك يشكل العادم الناتج من هذه الناقلات والسفن الأخرى أثناء سيرها بحوالي ٢ مليون طن / سنة ذلك بجانب فضلات طاقم

البحارة بكل هذه السفن ويعد خليج فيرا على سبيل المثال بجنوب شرق البحر المتوسط ذو المياه الملوثة بدرجة كبيرة بالزيوت البترولية (فضلا عن فضلات مصانع الأسمدة والورق وعادم محطة المياه والتي تضخ أكثر من ٢٠٠ ألف متر مكعب يوميا) نموذج لتخريب البيئة بالخليج فأنخفض الإنتاج السمكي بحوالي ١٢% سنة ١٩٧١ .

يمكن قياس مدى التلوث كروماتوجرافيا من خلال امتصاصها على السيليكا المنشطة حيث تؤخذ عينة ماء بحجم لتر في زجاجة داكنة ويضاف إليها ١٠ ملل ترأى كلورو ترأى فلوروايثان وترج جيدا / ١٥ دقيقة ثم تترك للسماح للطبقات بالانفصال وتؤخذ الطبقة العلوية وتيخر بغاز النتروجين حتى ٠,٢ ملل ثم يحقن ٥٠ ميكروليتر بجهاز كروماتوجرافي الغازي السائل ويقرأ الامتصاص مع كاشف الأشعة فوق البنفسجية (وعلى طول موجي ٢٥٤ نانوميتر) وتترجم المنحنيات لتركيز يحقن ٣٠٠ نانو جرام من الفينيسانثرين (Phenanthrene) وتحسب مساحة المنحنى :

$$\text{تركيز الهيدروكربونات (نانو جرام / لتر)} = \frac{\text{مساحة المنحنى بالعينة}}{\text{مساحة منحنى Pb}} \times 300$$

يعد تلوث المياه خاصة بالمسطحات المائية بالمواد القابلة للأكسدة مؤسّر باحتواء هذه المياه على مخلفات نباتات سليولوزية من مركبات الفينول (نواتج بترولية) كما أنها مؤسّر هام لعملية الاضطراب البيولوجي بالمسطحات المائية خلال المستنقعات الضحلة ، وتؤدي كثرة المواد المتأكسدة لاستنزاف الأكسجين المذاب بالماء والتي تصب فيه الفضلات خاصة عند تحللها مما يؤدي بدوره لتنشيط عملية التهوية - فعند صب الفضلات بالنهر يحدث عجز في مستوى الأكسجين ويزداد العجز بتحلل الفضلات والمادة العضوية فتبدأ زيادة التهوية لأعلى مستوى لها في نقطة أقصى عجز أكسجيني والموقع الذي تتساوى فيه سرعة تهوية مع سرعة الاستنزاف نتيجة التحلل السهواني هو الموقع الذي يحدث فيه أدنى انخفاض لمستوى الأكسجين الذائب في الماء فسرعة الاستنزاف تبدأ عالية بسبب التركيز العالي للمواد العضوية ثم تقل بالزمن كذا تبدأ سرعة التهوية بطيئة بسبب قلة عجز الأكسجين في البداية و مع العجز تزداد التهوية وعندما تبلغ سرعة الاستنزاف فإن مستوى

الأكسجين المذاب سيكون وصل أدنى مستوى له (الموقع الحرج) تبعاً للمعادلة (Streeter - Phelps) :

العجز / بالزمن مللج لتر (D) =
ثابت التحلل للمياه والفضلات (K₁) . L_a (BOD) الأقصى ÷ (K₂) ثابت الهوية = ٠,٤٣٤

$$e^{K_2 - K_1} 10 \times L_a (K_2 / K_1) = (D_0)$$

حيث D₀: الفترة الزمنية التي يحدث فيها المقطع الحرج للمياه

$$\frac{(K_1 - K_2)(D_0 - 1)}{K_1 K_2} = \frac{L_a}{K_1 K_2} = 10$$

يمكن قياس مستوى تلوث المياه بالمواد القابلة للأكسدة من خلال تقدير الكمية المستهلكة من برمنجات البوتاسيوم فأكسدة حجم معين من عينة الماء فتؤخذ عينة من المياه الملوثة وتخلط جيداً بخلاط ثم يؤخذ منها ١٠٠ ملل بدورقين يوضع بكل منهما ما يلي :

١٠ ملل برمنجات بوتاسيوم ١٠/١ ع ملل حمض كبريتيك ٢٥% ثم يضاف ١٠٠ ملل عينة الماء الملوثة بإحداها فقط ثم ٤٠ ملل ماء مقطر غير مؤين بينما يوضع بالبالنك (الدورق الثاني) ١٤٠ ملل ماء مقطر غير مؤين وتترك على درجة ٣٧°م/٤ ساعة لتتمكن البرمنجنات من أكسدة المواد العضوية السليولوزية والبروتينية وتختزل هي إلى أكسيد منجنيز (MnO₂) :



يلاحظ أن الوسط الحمضي لحمض الكبريتيك يحول دون أكسدة المواد العضوية القابلة للأكسدة كأيون النتريت والكبريت والفلوريد .

ثم يضاف لكل دورق ٥ ملل يوديد بوتاسيوم ١٥% ليتفاعل مع الجزء المتبقي من البرمنجنات :



∴ تركيز المواد المتأكسدة (قيمة البرمنجنات) مللج / لتر =
كمية البرمنجنات المستهلكة (الحجم بالبالنك - حجم العينة) / حجم العينة × ٢٠٠

الباب السابع عشر

تلوث المياه بمياه الصرف الصحي

تلوث المياه بمياه الصرف الصحي

يعد نهر النيل وبحصته المتاحة هو المصدر الرئيسي للمياه بمصر والتي تبلغ في متوسطها بالسنوات المتوسطة والعالية الإيراد من المياه هو خمسة خمسون ونصف مليار متر مكعب ولاحق وصولها إلى خمسة وستون مليار متر مكعب ذلك بعد الانتهاء من مرحلتي مشروع جونجلي ٢,١ قرابة عام ألفين ميلادي (٢.٢ + ٧.٢ = ٩,٤ مليار متر مكعب / سنة) في نفس الوقت إذا ما أخذنا في الاعتبار احتياجات الري للأراضي القديمة من المياه وهي ثمانية وأربعون مليار متر مكعب (لري مساحة ستة ملايين فدان تعطي خلال دورتها الزراعية إحدى عشرة مليون فدان محصولي) وري الأراضي الجديدة بالري المتطور الحديث) نحتاج لخمس عشرة مليار متر مكعب سنويا بجانب أثني عشر ونصف مليار متر مكعب قيمة استهلاك القاهرة الكبرى والإسكندرية وباقي محافظات القاهرة من المياه (٦,٥+٢+٤ مليار متر مكعب سنويا) فبعملية حسابية بسيطة ناتجها يشير لعجز في كمية المياه يتمثل في عشرة مليار خاصة وإذا علمنا أن نصيب الفرد المصري تناقص من ١٣٥٠ متر مكعب سنويا إلى ١٠٠٠ متر مكعب خلال العشر سنوات الماضية والممكن أن ينخفض بدوره إلى ٨٠٠ متر مكعب عام ٢٠٠٠ ثم إلى ٥٠٠ متر مكعب ٢٠٢٥ .

ويفوتنا في هذا الصدد أن مياه الآبار الجوفية ومياه الصرف جزء لا يتجزأ من مياه نهر النيل وباستخدامنا المرشد لمصادر المياه خاصة مع طوق الري الحديثة سنقل بالتبعية من كمية مياه الصرف الزراعي لإحدى مصادر المياه الصرف الكلية (صرف زراعي وصناعي وبشري ...) فتعتبر مياه الصرف من أهم مصادر تلوث المياه لاحتوائها على ملوثات عضوية (كزيوت ودهون و بروتينات و مركبات فينولية وبقايا مبيدات آفات خاصة مبيدات الحشرات) وملوثات غير عضوية كالعناصر الثقيلة (كالرصاص والحديد والزنك والنحاس والكاميوم والكروم والكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم) ومكونات غير معدنية (كأيونات الكلوريد

والفلوريد والنترات والنترتريت والفوسفات والكبريتيد) والتي أغلبها يكون مصاحبة للتسميد الكيماوي فقد ثبت أن التسميد بالأسمدة الكيماوية النتروجينية كاليوريا تؤدي لزيادة تلوث التربة بالنترات والنترتريت والبيوريت وأن الأسمدة الفوسفاتية تؤدي لزيادة التلوث بالكاديوم والرصاص والنيكل والنحاس والزنك والتي مع توالي عمليات الري والمطر تتخلل بين حبيبات التربة وتصل للمصارف بها خاصة إذا ما أخذنا في الاعتبار أن حوالي ٢ مليون طن سنويا تذهب مع مياه الصرف سنويا مسببة لتلوث مياه الصرف والمياه الجوفية المستخدمة في الأغراض المنزلية ببعض الأماكن أو المستخدمة في الري بأخرى ، وتزداد درجة تلوث المياه الجوفية بها أكثر عندما تكون بيارات الصرف الصحي في مناطق يرتفع بها كثيراً منسوب المياه الجوفية والمستخدم في الأغراض المنزلية (Sanitary domestic uses) .

والبيانات السابقة والتالية تشير لحدسية الاستفادة الجادة من مياه الصرف الصحي بعد معالجتها في ري الأراضي الصحراوية الجديدة فمعدل النمو السكاني بمصر (٣%) يشير هو الآخر بدوره لاحتمالية تضاعف عدد السكان كل خمسة وعشرون عام في حين نجد أن معدل نمو الإنتاج الزراعي ثابت أن لم يقل نتيجة استغلال الأراضي الزراعية الخصبة في المباني والمنشآت العمرانية (مصانع - مخازن ...) علاوة على التدهور في خصوبة وإنتاجية الأراضي القديمة لسوء عمليات الصرف الزراعي وزيادة مستوى تلوثها تدريجياً بنفايات المواد الكيماويات الزراعية (Agro chemicals) سواء أكانت بقايا مبيدات آفات أو أسمدة كيماوية خاصة بعد التوسع في الزراعة الرأسية وانتشار الصوب والأنفاق .

وإذا ما أخذنا في الاعتبار في هذا الصدد ما يصب بطول مجرى نهر النيل من أسوان وحتى القاهرة سبعة وستون مصب تتجمع بها مخلفات الأنشطة البشرية والصناعية (ويبلغ عددها ٢٢ مصرف صناعي جملة تصرفها ٠,٣ مليار متر مكعب) والزراعية ويبلغ عددها ٤٥ وحيث تبلغ جملة مياه الصرف الزراعي في الدلتا والتي تصب بالبحيرات الشمالية ومنها للبحر الأبيض المتوسط ١٧,٥ مليار متر مكعب / سنة أي ما يوازي نصف حصّة مصر من مياه النيل (وهي مصارف شرق الدلتا : وتحمل ٧ مليار

متر مكعب يستخدم منها فقط ١٢ % للري ، ومصارف ومسط الدلتا ك وتحمل ٥.٥ مليار متر مكعب ويستخدم منها فقط حوالي ٢٠ % للري ، ومصارف غرب الدلتا : وتحمل ٥ مليار متر مكعب ويستخدم منها فقط للري ١٦ % للري) والتي يمكن إعادة استغلال هذه المياه بعد معالجتها و خلطها بمياه التررع أو المياه الجوفية مرة أخرى أو الري بها مباشرة بدلا من إعادة صيها مرة أخرى بفروع النيل فتلوثه . كذلك فمياه الصرف والتي يبلغ حجمها ٦ مليار متر مكعب سنويا (وهي توازي حجم مياه خزان أسوان) والتي تصرف خلال السدة الشتوية (بغرض إنتاج الكهرباء والمحافظة علي منسوب المياه الملاحى في النيل وفروعه الملاحية) والتي بإعادة استخدامها في الري أو ري مساحات صحراوية جديدة تساهم في الحل الجزئي لسد الفجوة الغذائية بدلا من صرفها بالبحر في النهارية .

مما سبق يتبين لنا أهمية وجود خطة تنتهج أسلوب علمي لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي والزراعي بعد معالجتها أولا في استزراع أراضي زراعية جديدة تتواءم مع لأفاق التي تتطلع إليها وزارة الزراعة بمصر ولكن قبل ذلك يجب الوقوف على مستوى التلوث بكل من مياه الصرف الزراعي والصحي .

ألا : مستوى التلوث في مياه الصرف الزراعي :

من أبواب الكتاب السابقة يتضح لنا جليا أن مظاهر تلوث الهواء والماء تأخذ الطابع الحاد والمباشر السريع على حياة الإنسان وهو ما حدا الدول المتقدمة الصناعية على سن القوانين لحماية الهواء والماء من التلوث في حين أن تلوث التربة ذو الطابع الغير مباشر البطيء والممتد المفعول التراكمي .

وتقد أجريت دراسة على مستوى التلوث بفرعي النيل :

١- فرع رشيد :

كذلك المصارف التي تصب في مياه الصرف الزراعي وهي مصرف الرهاوي وسبل والتحرير وزاوية البحر وتلا والصودا والمالية ، شكل رقم (١٧-١) .

٢- فرع دمياط :

وكذلك المصارف التي تصب فيه مياه الصرف الزراعي وهي مصرف طلخا ٢,١ والتيرا والسروي الأعلى ومحطاته .

كذلك فقد أجريت دراسة أخرى على مياه الصرف عند المعديّة (مخرج بحيرة إدكو على البحر الأبيض) وأيضا عند المكس (مخرج بحيرة مريوط على البحر المتوسط) وخليج أبي قير حيث ثبت وجود متبقيات للمبيدات خاصة بمنطقة المعديّة ومحطة طلبات المكس علاوة على احتواء عينات المكس على ملوثات صناعية مثل بارا - كلوروفينول وبنثا كلوروفينول بالإضافة لمتبقيات المبيدات الكلورونية فاحتوت عينات مياه خليج أبي قير على الممّاكن ددد(DDD) وهو ما يعزّي لتأثير الظروف الغير هوائية والتي تؤدي لتحويل مركب دنت (DDT) إلى ددد (DDD) كذلك وجدت متبقيات للممّاكن ددا (DDE) بلغت ٢٦ نانوجرام / لتر بينما كانت الكلوروفينولات أكثر المركبات تواجدا بمنطقة المكسي والمعدية خاصة المركب ٤,٢ داي - كلوروفينول .

وأكدت الدراسة وجود متبقيات في عينات الأسماك خاصة مركب الدنت وممّاكاته (ددد ، ددا) بدهون الأسماك حيث ترتبط مستوى المتبقيات ارتباطا موجبا مع نسبة المواد الدهنية ، كذلك المشابه جاما لمركب سانس كلوريد البنزين لعينات المكس (غرب الإسكندرية) وأبي قير (شرق الإسكندرية) حيث كانت المتبقيات تماثل مثلها بعينات شمال بحر الادرياتيك ولكنها أقل من مثلتها في بحر إيجة باليونان ، حيث كانت أكثر الأسماك احتواء على كمية أعلى من المتبقيات هي أعلاها نسبة في الدهن (المياس - البوري - القرموط ، مقارنة بسمك البلطي والمحاريات كام الخلول) . كما أن مستوى المتبقيات يقل بالانتقال من غرب الإسكندرية لشرقيها .

الباب الثامن عشر

تلوث المياه الحراري

التلوث الحراري للمياه :

تقوم بعض المصانع الكبيرة باستخدام المياه لتبريد الآلات والتوربينات في صورة مغلقة حيث تلقىها بعد ذلك في المجاري المائية والبحيرات ، كذلك تقوم محطات القوى الكهربائية والنوية والمولدات الكهربائية الكبيرة باستخدام الماء في تبريدها مما يؤدي لرفع درجة حرارة الماء تدريجيا فتتأثر الكائنات الحية والتي قد ترتفع لدرجة أعلى من النطاق الأمثل الذي تعيش فيه الكائنات المائية فيحدث خلل بالعديد من العمليات الحيوية والفسيولوجية والتي ربما تؤثر في النهاية على حياتها ، ولهذا تقسم الحيوانات إلى ذوات دم حار (Warm blooded animals) كالثدييات و الطيور حيث تظل حرارتها ثابتة مهما اختلفت درجة حرارة الوسط المحيط حيث يتحكم هنا في العمليات الفسيولوجية بجسمها مركز تحكم حراري والذي إذا ما اضطرب فإن الارتفاع أو الانخفاض في الحرارة يؤثر عليها وربما يؤدي بحياتها .

أما الكائنات ذات الدم البارد (Cold Blooded) كالأسماك والبرمائيات والزواحف فتتغير درجة حرارتها تبعاً للوسط المحيط فارتفاع حرارة الوسط المحيط بها كثيراً فإن حياتها قد تكون معدومة وفي نفس الوقت تقل قابلية المياه لإذابة الأكسجين من الهواء (فتحتوي على ١٠٠٠ ملل ماء / ٥° م / ٩ ملل أكسجين وبارتفاع الحرارة إلى ٢٠° م يحتوي على ٦ ملل) فالتكاثر الأمثل للأسماك يكون على درجة حرارة ٥-١٠-٢٠° م وبارتفاعها عن ذلك ينخفض معدل التكاثر بل نجد أن أسماك السلمون لا تتكاثر ولا يمكن للبيض أن يفقس بارتفاع الحرارة فعملية قفس البيض وكذلك الصغار تتطلب أكسجين بتركيز معين في الماء .

كما يؤدي ارتفاع درجة الحرارة لموت كثير من الهائمات النباتية المائية والتي تعد غذاء رئيسي لكثير من الأسماك كما أن ارتفاعها يؤدي لخلل فسي التمثيل الضوئي للهائمات وأيضاً تؤدي لزيادة معدل تحلل المواد العضوية كأي تفاعل كيميائي يزداد معدله بارتفاع يؤدي إلي اللا حياة بالماء .

الباب التاسع عشر

قياس دور التحلل المائي
ومآل السموم والملوثات في البيئات
المائية الطبيعية

قياس دور التحلل المائي ومآل السموم في البيئات المائية الطبيعية :

تحتاج دراسة عملية التحلل المائي لأي كمية من جزيئات مركب سام أو ملوث بيئي معطي لنظام معين يتم استكشافه والسيطرة عليه من حيث التركيز المتوقع لكل عملية انتقال أو تحول (Transporting or Transformation) إلى :

- وصف رياضي لكل عملية مآل منفردة لأن مسارات التحليل المائي عديدة ويمكن أن تتنافس على مستوى من تركيز أس أيون الهيدروجين (pH) للنظام البيئي المائي .
- تقدير معدل ثوابت ودلالات لوصف صفات النظام البيئي الذي يعمل على المركب السام أو الملوث البيئي .
- تأثيرات التركيزات المختلفة للمواد المتفاعلة لكل آلية (ميكانيكية) تحليل مائي .
- إصاغتهم جميعا ومعا في تعبير عام يتسنى استخدامه لتتبع عمليات التحليل المائي تحت ظروف التفاعل المميزة لهذا النظام البيئي المائي والتي لا يمكن استقراء مثل هذه النتائج لنظام بيئي مائي آخر من هذه البيانات .

وعموما فالعامل الرئيسي والمؤثر على عملية التحلل المائي عند أي درجة حرارة هو أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) أو أس تركيز أيون الهيدروكسيل (pOH) .

لذا تستدعي الدراسة قياس ثابت معدل التحلل المائي عند درجة (pH) معينة والتي غالبا ما تتراوح بين (٥-٩) ، أن تتم في الماء المقطر

والماء المقطر المؤين والماء الطبيعي (مياه أنهار أو مياه عيون) لمعرفة أنواع التفاعلات الحادثة بكل منها حيث يكون في العديد من الحالات قياس ثابت معدل التحلل هو كل ما يحتاج إليه خاصة إذا ما كان كبيرا أو صغيرا جدا والتي قد يمكن الحصول عليها في بعض الأوقات من علاقة التركيب الكيميائي بالنشاط ، وهذه العلاقة الخطية للطاقة الحرة (Linear Free Energy Relationship : LFER) للتحلل المائي لتتبع الثبات تكون هي الطريقة الملائمة لقياس ثوابت معدل التحلل المائي ولقد استخدمت ميدانيا بكثرة كما طورت لتستخدم كاختبار كاشف أو كمعيار بيئي لتتبع عوامل التركيز الحيوية مثل معامل التجزئ الامتصاصي الترسيبي (Sediment - Sorption Partition Co efficient) كمعامل التجزئ أوكثانول / ماء) ، ثم تقدير سميته للكائنات المائية .

مما سبق نجد أن هناك نوعان من الدراسات والبحوث عن ثوابت معدل التحلل المائي لتقييم عمليات التحلل المائي لجزيئات مركب سام ملوث في المياه الطبيعية :

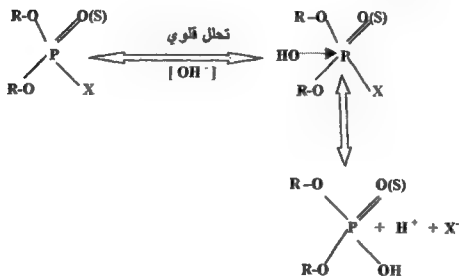
١-دراسات أولية :

وهي الدراسة الميكانيكية (Mechanistic Studied) حيث يكون الهدف منها تحديد الظروف اللازمة لتكوين الرابطة أو كسرها وغالبا ما تتضمنها كثيرا من البحوث الكيميائية مثل تأثير المذيبات والقوى الأيونية وتأثير الملح والمؤثرات المساعدة لأنواع مختلفة .

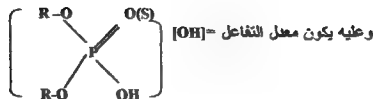
وأهم ما تتميز به هذه الدراسات هو اختيار مدى محدود من أس تركيز أيون الهيدروجين وهذه الدراسات من المحتمل استقرارها أو إبرائها من البيانات المتحصل عليها من ثابت التحلل المائي والذي غالبا ما يعبر عنها كدالة لتغيرات مستقلة بالنظام .

وفيما يلي وصف لميكانيكية عملية تحلل مائي لجزيئات السموم الفسفورية العضوية نظرا لسعة انتشار استخدامها والعوامل المؤثرة عليها:

ويحدث العديد من عمليات التحليل المائي تحت ظروف لا إنزيمية خاصة بالوسط القلوي ويمعدل يتناسب مباشرة مع قلوية الوسط رغم أن الظروف الحامضية يكون أيون الهيدروكسيل (OH⁻) المحب للتحلل ، وذلك من خلال تفاعل استبدالي محب للنواة (Nucleophilic) وذلك بهجوم مجموعة الهيدروكسيل النيوكليوفيلية (OH⁻) السالبة الشحنة على الأيون الموجب الشحنة وذات الصفات الأليكتروفيلية (Electrophilic) المحبة للإلكترونات عند هجوم مجموعة الهيدروكسيل النيوكليوفيلية السالبة الشحنة على سبيل المثال على ذرة الفوسفور بجزيئات مجموعة السموم الفوسفورية العضوية والمكتسبة لشحنة موجبة جزئية (نتيجة التأثيرات الإليكترونية للمجاميع السالبة للإلكترونات بالجزيئ ذات تأثير الحثي السالب (-I : Inductive effect) مما يتيح للجزيئ حساسية عالية للتحلل المائي وذلك من خلال تفاعل نو ميكانيكية ثنائية الجزيئي وهنا يتناسب معدل التفاعل مع تركيز مكوني الطرف الأيمن للمعادلة :



ويبدأ التفاعل الأساسي بكسر الرابطة (P-X) وتكوين حمض الفوسفوريك المناسب للتركيب .

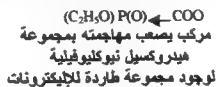
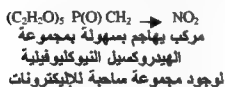


ويمكن ترتيب المشتقات الحساسة للتحلل المائي تنازلياً كما يلي :

مشتقات حمض الفوسفوريك < مشتقات حمض الفوسفوثيويك < مشتقات حمض الفوسفوثيونيك < مشتقات حمض الفوسفوداي ثيويك .

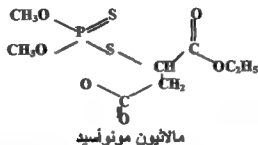
وتتراوح نواتج تفاعل التحلل المائي بين نواتج ضعيفة السمية (فقيرة) إلى نواتج غير سامة .

ولذا فإن معدل التحلل المائي يقاس بصفات المجاميع المتصلة بذرة الفوسفور فبعض المجاميع تكون أكثر إلكتروفيلية لها تأثير صاحب للإلكترونات (Electron with Drawing effect) أي التأثير الإحاثي السالب (I : Inductive effect) والساحب للكثافة الإلكترونية تجاهه وهو الاتجاه المعاكس لذرة الفوسفور مما يجعل ذرة الفوسفور أكثر إيجابية فتحمل شحنة موجبة جزئية 8^- وتصبح مادة سهلة ومناسبة للهجوم النيوكليوفيلي .



في حين أن بعض المجاميع تكون لها صفة دفع الإلكترونات تجاه ذرة الفوسفور حيث يتمتع بتأثير إيجابي موجب (+I) نتيجة كونها طاردة أو مانحة للإلكترونات ويجعل ذرة الفوسفور أكثر كهروسالبية فيفشل هجوم الهيدروكسيل السالبة (OH⁻) .

لذا نجد أن المالاتيون مونو أكسيد أكثر ثباتا للتحلل المائي بالوسط القلوي عن المركب الأصلي (مالاتيون) أي أن حساسية ذرة الفوسفور العضوية للتحلل المائي تعتمد على الطبقة الإلكترونية للمجاميع المتصلة بذرة الفوسفور أيضا :



كذلك فإن الرابطة الزوجية ($\text{O} \equiv$) أكثر كهروسالبية (أكثر اليكتروفيلية عن الرابطة الزوجية ($\text{P} \equiv \text{S}$) لذا تزيد من الحساسية للتحلل وتبلغ ٢٢ ضعف (ميثيل باراثيون وميثيل باراكسون) ويسرع ذلك وجود الأحماض الأمينية والفوسفات غير العضوية والأيونات مثل الكلورين والنحاس والموليبدنيوم وأحماض الهيدروكساميك حيث تزيد التحلل فالباراكسون تصل فترة نصف حياته ٩,٢ يوم / $\text{pH} = 10$ / م / $\text{pH} = 10$ في حين مجموعة الفوسفات ($\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{P(O)O-}$ تصل فترة نصف حياته ٥ بليون يوم / $\text{pH} = 10$ م / $\text{pH} = 10$ فأشار Ramen & Mortland أن تحفيز التحلل المائي للسموم الفوسفورية العضوية، جدول رقم (١٩-١) في كل من محاليل كلوريد النحاسوز (CuCl_2) ونحاس معلق طين المونتموريلونيت وأن التربة العضوية ومعادن الطين والتي ترتبط مع كاتيونات معدنية أكثر قوة عن المونتمورولونيت لا يؤدي لتحليل مائي لجزيئات المركب ، وقد وجد أن فترة نصف الحياة (٩.٥) لأستر الفوسفات انخفض بمعدل ١٠٠ مرة في وجود تركيزات تتراوح في حدود المليمولر لعدة أحماض أمينية مخلية وتنخفض بمعدل أكثر من ٣٠٠ لمخلب الهستونين .

جدول رقم (١٩-١) : فترات نصف الحياة لعدة مركبات فوسفورية عضوية

المركب	١/٢ ساعة / ٢٥° م / pH ٨
نترا إيثيل بيرو فوسفات (TEPP)	٧٣
DEP	٢٦٦
ثيولو ديميتون	١٤٢٠٠
ثيونو ديميتون	١,٢٥٠,٠٠٠
باراثيون	٢٠٣,٠٠٠
باراكسون	٢٧٢,٠٠
ميثيل باراثيون	٥٠٢,٠٠

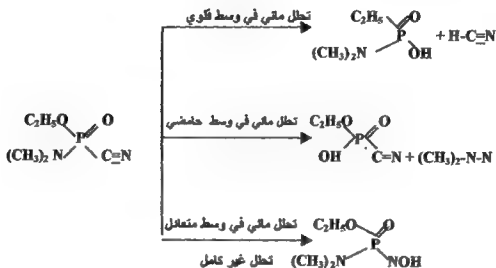
ونتيجة لنوعية التأثير التوصيلي للرابطة الزوجية [P(O)] فهي العامل المحدد لمرعة التفاعل وكذلك أيضا نوعية الاستبدالات الأليكتروفيلية الموجبة الشحنة والمحبة للإليكترونات بعيدا عن الذرة الموجبة فيجعلها أكثر كهروإيجابية (أي أكثر عرضة لهجوم مجاميع الهيدروكسيل فيزيد ثابت التحلل K) ويصبح المركب أقل ثبات .

وإذا ما أخذنا في الاعتبار التأثيرات (العوامل) الفراغية (Steric effects) وتأثيرها على التحلل فالمجموعات ذات الحجم الفراغي الكبير والذي يعوق (Hinder) الاقتراب والاختراق لأيون الهيدروكسيل وهو ما يحدث عند :

- تقصير السلسلة الجانبية .
- أو إحلال سلسلة مستقيمة محل سلسلة متفرعة متماثلة لها في عدد ذرات الكربون .
- أو نتيجة لنوعية الاستبدالات النيوكليوفيلية السالبة الشحنة والمحبة للبروتونات فتطرد الإليكترونات تجاه الذرة أو المركز الموجب الشحنة فيجعلها أكثر كهروسالبية أي أقل عرضة لهجوم مجاميع الهيدروكسيل فيقل ثابت التحلل (K) ويصبح المركب أكثر ثباتا وهذا ما يحدث عند إطالة السلسلة الجانبية أو بإحلال سلسلة متفرعة محل سلسلة مستقيمة

□ تماثلها في عدد ذرات الكربون وهو ما ينعكس بدوره على التفاعل مع جزيء الأئزيم البروتيني الكبير .

أما الرابطة (P-N) فهي ثابتة في الوسط القلوي حيث تقل الكهروإيجابية على ذرات الفوسفور فتحد الإلكترونات الموجودة على ذرة النتروجين من إيجابيتها فتصبح الرابطة ذات خواص إلكتروسالبية وأقل استعدادا لهجوم الهيدروكسيل والعكس صحيح بالوسط الحامضي أما الوسط المتعادل فيكون التحلل غير كامل :



أما الرابطة (P-x) فيتوقف ثباتها تجاه عمليات التحليل المائي على التأثير الإيجابي الحثي السالب (-I) والتأثير الفراغي مع الأخذ في الاعتبار أن لها بعض الاستثناءات .

٢-دراسات ثانوية :

تتضمن الدراسة لإضافة كمية صغيرة من جزيئات المركب السام أو الملوث للمياه ثم ملاحظة التغير في التركيز مع الوقت نتيجة عوامل عدة مثل عامل الذوبان أو عامل الحرارة أو عامل أس أيون الهيدروجين (pH) ٠٠٠٠ وكلها عوامل تؤثر بطريقة مباشرة أو غير مباشرة على معدل ثابت التحلل المائي ويمكن أيضا ملاحظة سلوك المائل مع الوقت تحت تأثير هذه العوامل وهنا نجد ظواهر متخصصة من الشيق دراستها مثل درجة الثبات مع مرور الوقت .

وعموما فبالنسبة للتفاعلات الغير متزنة البسيطة : حيث البيانات التي يحتاج إليها لوصف عملية التحلل المائي الملوث بالمياه العذبة تتكون من ثوابت معدل تحلل من الدرجة الأولى أو الثانية للحمض ($K_H : K_a$) أو القاعدة ($K_{OH} : K_b$) والمسار الطبيعي المتعادل للماء (K_{H_2O}) :

$$[P_1][OH^-]K_{OH} + K_{H_2O} + [H^+]K_H - dt \div K_{(obs)}$$

حيث $[P_1]$: هي كمية تركيز الملوث المحلل مائيا.

ويكون ثابت المعدل العكسي عند أس تركيز أيون هيدروجين (pH) معين هو :

$$[OH^-]K_{OH} + K_{H_2O} + [H^+]K_H = K_{(obs)}$$

حيث أن قيم $K_{(obs)}$ عند أس تركيز أيون هيدروجين (pH) أكبر من ٥ وحتى ٩ يحتاج إليها فيحصل عليها من مسارين هما :

١- هو ضبط قيمة أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) بفرض أن جهد كل عملية من العمليات الثلاثة مماثل حتى يتمكن من دراسة مستقلة لكل واحدة لتقدير ثابت معدل التحلل وهنا تستخدم المعادلة الأخيرة :

$$[OH] K_{OH} + K_{H_2O} + [H^+] K_H = K_{(obs)}$$

حيث تتميز هذه الطريقة :

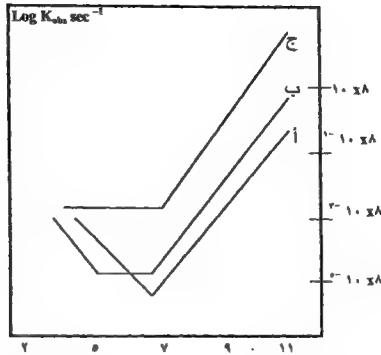
- بإمكانية قياس ثوابت معدل التحلل في وقت مبكر باختبار مناسب لدرجة أس تركيز أيون الهيدروجين .
- تقدير $K_{(obs)}$ على مدى واسع من مستويات أس تركيز أيون الهيدروجين (pH : من ٩-٥) .

٢- تقدير ثابت معدل الاختفاء عند درجات عديدة من أس تركيز أيون الهيدروجين فوق المدى ٩-٥ ثم توقع هذه النتائج لو غاربتما في مقابل قيم أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) وتمتاز هذه الطريقة بأنها :

- وتمتد هذه الطريقة ببروفيل عن معدل أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) الممكن استخدامه بالرسم لاستقراء قيم أخرى للثابت عن قيم أس، تركيز أيون الهيدروجين (pH) فوق هذا المدى شكل رقم (١٩-١) .

- كما تمتاز هذه الطريقة بأنها لا تحتاج لمعرفة سابقة كما توضح التفاعلات الأكثر تعقيدا ولكن يعاب عليها النقص في مقدرة التحكم لفترات من الوقت للتفاعل أكثر من تغيرات درجة الحرارة .

وبالحصول على التعبير الرياضي الكمي والذي يصف عملية التحليل المائي من الدراسات العملية ، فمن الضروري شرح هذا التعبير وإدراكه في المياه الطبيعية والتي تسمح بالمقارنة المباشرة أو الغير مباشرة بتتبع وقياس قيم $K_{(obs)}$.



شكل رقم (١٩-١) : بروفايل معدل أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) لثلاثة أسترات كربوكسيلية لها نشاطات مختلفة .

في الدراسة الميدانية فإن المركب السام يضاف للنظام البيئي ثم تمت السيطرة على التركيز وقياسه مع الوقت ولكن للأسف لا يمكن وضع استنتاجات دقيقة لأن قيمة $K_{(obs)}$ غالباً ما تكون لثابت معدل اختفاء أو انهيار في المعادلة من الدرجة الأولى بجانب مساهمات عمليات أخرى بجانب التحلل المائي وأثرها على التركيز $[P]$ لذا فتأثير معدل الانهيار $K_{(obs)}$ لا يمكن مقارنته مع القيمة المتبعة .

ويمكن في هذا المجال إحضار عينات مياه طبيعية للمعمل (عينات مياه - أنهار - عيون - آبار جوفية ٠٠٠) ثم تنفذ فيها دراسة التحليل المائي ثم

مقارنة نتائجها بالنتائج المتحصل عليها من مياه مقطرة ، وبالرغم من أن هذه الطريقة غالبا ما تستخدم أو تتبع ولكن نتقد بأنها غير واقعية .

أو أن تختار بعض المركبات المعزولة من المياه الطبيعية والمؤثرة على معدل التحليل المائي وذلك بغرض دراسة تأثيرها وتقييمه كدالة للتركيزات من هذه المركبات المعزولة في الماء بالمعمل ، ومن الضروري هنا في هذا الصدد أن تمد بتعبير حركي للتحكم من عمل استقراء عليها للتركيزات الموجودة في البيئة .

وعلى فalcديد من الأمثلة المتاحة تمد بوصف عن سلوك التحليل المائي لكنها عموما تحول دون أي مقارنة كمية بين قيمة $K(obs)$ المتتبعة ومثيلاتها الملاحظة في المياه الطبيعية . في بعض المراحل فإن نتائج مثل هذه الدراسات تؤول أو تفسر لتعضد وتدعم معدل سرعة أو معدل تأخير عملية التحليل المائي .

وتهدف العديد من الدراسات المائية الميدانية لتقييم الثبات الكيميائي وعلاوة ما تتم بمقارنة النتائج العملية بالنتائج الميدانية عند تركيزات مختلفة من هذه المركبات وعلى مستويات مختلفة من أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) وهنا يظهر انهيار لجزئيات هذه المواد السامة أو الملوثات البيئية السامة في البيئات المائية الطبيعية أسرع في معدلها عما في حالة استخدام المياه المقطرة حيث أنه في البيئات المائية الطبيعية يوجد بجانب التحلل المائي عمليات أخرى لم تؤخذ في الحسبان مثل عمليات :

- تحلل كيميائي .
- تحلل حيوي .
- تحلل ضوئي .
- عمليات امتصاص وعمليات إمتصاص .

لهذا يتم استخدام نماذج للأنظمة البيئية المائية المصنعة لدراسة إحدى هذه العوامل أو ضم عامل لعامل آخر أو لعاملين ودراستهما معا في

المكونات البيئية لمعرفة عمليات مآل وانتقال جزئيات هذه السموم ، فعند دراسة التحليل المائي لمبتقيات مركب الكاربابل الكرياماتي العضوي فسي نظام بيئة مياه بحرية / ترسبات وجدت أن فترة نصف الحياة له (١٥٥) في المياه البحرية حيث أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) لها : ٨ / ٨ م هي ٣٨ يوم حيث كان :

- معدل ثابت التحليل المائي القلوي لها من الدرجة الثانية : ويساوي $٢,١ \times ١٠^{-٣}$ مول -١ ث-١ .
- وكان ثابت معدل التحليل المائي في المياه المقطرة أيضا من الدرجة الثانية ويساوي $٠,٤$ مول -١ ث-١ .
- بينما زادت فترة بقاء متبقيات الكاربابل في وجود الترسيبات البحرية لامتصاصه وإدماص جزئياته عليها .

وفي هذا الصدد من الأهمية بمكان الأخذ في الاعتبار أهمية وجود معادن اللامسة للتفاعل (المحفزة) وأثرها في تحفيز عملية التحليل المائي خاصة في وجود تركيزات منخفضة منه فأيون النحاس وبتركيزات منخفضة تصل الـ $١٠^{-٦}$ مولر أدت لتحفيز عملية التحليل المائي للعديد من الأسترات الفوسفورية العضوية .

كذلك فإن المواد العضوية والناجمة طبيعيا في البيئة المائية والمتكونة في المياه العذبة يمكنها تحفيز تفاعل التحليل المائي لعدة مركبات عضوية سامة مثل العوالق (الهائمات) والأجزاء العضوية كهيومات الصوديوم بتركيز الأسترات الأليفاتية مثل مركب $٤,٢$ د (D-2.4) ومركب $٥,٤,٢$ ت (T-2.4.5) في حدود ثلاثة أضعاف بالمقارنة بالقيمة الملاحظة لثابت معدل الاختفاء ويرجع ذلك لعاملي الامتصاص والذوبان بجانب عامل التحليل المائي كذلك أمكن تحفيز عملية التحليل المائي باستخدام حمض الهيوميك مع مركب الأتزازين بالماء المقطر وثلاث تركيزات من حمض الهيوميك والتي تتراوح بين $٥-٤٠$ ملليجرام / لتر ماء وعلى أس تركيز أيون الهيدروجين ٤ حيث كانت النتائج التي تم توقيعها كفترات نصف الحياة (١٥٥) في مقابل تركيزات حمض الهيوميك غير خطية وباستبدال حمض الهيوميك كمحفز بـ حمض الخليك كانت

العلاقة خطية حيث مكان معدل التحفيز لحمض الخليك هو 10×10^{-4} مول⁻¹ ث⁻¹ وهو تفاعل بطيء .

كما تم تحفيز تفاعل التحليل المائي لجزئيات مركب الأترالين بحمض الفوليك وبتراكيزات تتراوح بين ٠,٥-٥ ملليجرام / لتر مياه حيث كان ثابت معدل التحليل المائي من الدرجة الأولى الكانث والمقدر كدالة لقيمة أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) والمتراوح بين ٢,٩-٧,٦ والذي أعطى علاقة غير خطية وربما يعزي ذلك لكون ميكانيكية التحليل المائي للمعدن المتكون : أترالين - حمض - تحفيز فالتفاعل ليس من الدرجة الأولى لأس تركيز أيون الهيدروجين والذي يقترح فيه وجود خطوة إتران تسبق الخطوة المحددة لهذا التفاعل .

وتستخدم العلاقة الخطية للطاقة الحرة (LFER) كأداة قيمة لتتبع ثابت المعدل المستخدم في قياس مآل الملوث في الأنظمة البيئية المائية لأعطاء قياس لهذه الثوابت عندما تكون قيم التجربة ليست في المئاح لتقييم النشاط التحليلي لبعض الأقسام من المركبات ففي بعض الحالات يمكن التخمين عما إذا كان المركب يسلك مسار التحليل المائي في بيئة حامضية أو قاعدية بناء على المجاميع الدالة .

الباب العشرون

التوزيع التجزيئي
للترسبات والكائنات الحية

التوزيع التجزيئي للترسبات والكائنات الحية

(Partitioning to Sediments & Biota)

تحتوي معظم المياه الطبيعية على كميات متفاوتة من الجسيمات العالقة الحيوية واللا حيوية الأصل وبهذه الجسيمات بالأنهار وبعض البحيرات كلها لا حيوية (Terrigenous) كالرمال والملت والكلاى والمنشقة من التربة أثناء سريان المياه على سطحها (Run off) / أما بالمحيطات فالجسيمات العالقة كائنات حية ويبلغ تركيزها 10^{-1} ملليجرام / لتر وقد تصل في بعض الأحيان 10^4 ملليجرام / لتر .

وتؤثر هذه الجسيمات في عمليات التحلل الضوئي للملوثات المائية بعدة مسارات :

□ في المحيطات أو أجسام المياه الداخلية المعكرة وذات البلانكتون النباتي العالق والترسبات فهي المسؤولة أولا عن تضعيف الضوء .

□ بعثرة الضوء (Light Scattering) بالجسيمات والتي تميل إلى الإشعاع البؤري لأسفل (Down -welling) أكثر منها عن الانتشار وحيث تعضد دالة التوزيع ، فمتوسط ثابت معدل التحلل الضوئي يكون أكبر في المياه العكرة عن المياه الغير عكرة والتي لها نفس معامل التضعيف .

□ التجزيئي بين الترسبات العالقة والكائنات الحية تؤدي لتغير النشاط الضوئي في المياه الداخلية فإن التجزيئي خلال الترسبات القاعية والتي تحمي الملوثات من الضوء تحت المائي وهو ما يؤثر على معدل التحلل الضوئي .

النشاط الضوئي على الجسيمات العالقة (Photo reactivity) :

١- الترسيبات (Sediments) :

تظهر جزيئات المركبات الملوثة بالأجسام المائية ميول متفاوتة للتجزئ خلال كل من الترسيبات والكتلة الحية (Biota) والتجزئ ظاهرة عكسية تقيم كميا في صورة معدل لئزان يسمى بمعامل التجزئي (Kp) : ومعامل التجزئ : هو النسبة بين تركيز هذه الجزيئات السامة في الترسيبات لتركيزها في الماء كما تعتبر الترسيبات هي المخزن الذي تتطلق منه متبقيات السموم البيئية للمياه ومنها للكتلة الحية (Biomass) كالأسماك والمحاريات لذا فمن الأهمية بمكان في هذا الصدد رصد وتتبع متبقياتها على الرسوبيات خاصة أمام الشواطئ (فكانت رسوبيات منطقة أبي قير بالإسكندرية تحتوي على تركيزات عالية من البيفينولات عديدة الكلور (PCB) ومشتقات مركب الدنت (DDT) تليها منطقة المعدية ثم المكس حيث ترتبط هذه المركبات ارتباطا موجبا مع المادة العضوية بها حيث تبلغ مستوى متبقياتها (٢٠٨ ، ٢٧٧ جزء في المليون) وهي أعلى نسبة في حوض البحر الأبيض المتوسط بعد خليج أثينا .

حيث قيمة هذه الجزيئات الكيماوية الذائبة بالماء بمخلوط الترسيبات المائية
$$= (Kpb+1)^{-1}$$

حيث P هي معدل الترسيب بالماء . وأهمية تعظيم (magnitude) قيمة Kp يعتمد على كلا من المركب وطبيعة الترسيبات .

وبافتراض ترسيب ما لجزيئات كيماوية مختلفة فإن معدل الترسيب بالماء يرتبط عكسيا بظوانية في الماء ويرتبط مباشرة بمعامل التجزئي (Kp) أو كاتول / ماء . فإذا كانت جزيئات المركب غير أيونية فإن معدل ترسيبها في تربة طميية مختلفة وترسيبات سلتية الحجم تتناسب مع كمية المحتوى العضوي للترسيب والامتصاص واللامتصاص ونظرا لأنها عمليات سريعة ولهذا يقام الإئزان سريعا بمجرد انتقال جزيئات المركب .

وبفرض تبادل ترسب مائي (Sediment - Water exchange) سريع له معامل تجزيئي معروف والتركيزات المترسبة تم حسابها وأن جزيئات المركب هيدروفوبية فإنها تنوب ولا تمتص بأعمدة الماء للأنهار والبحيرات والجزء الممكن إدراكه وتقديره منها فقط عند تركيزات مترسبة عالية لحدوث تضعيف كامل بالضوء خلال عدة سنتمترات قيمة لكل من تركيز المعلق والترسب وغالبا ما يكون التحلل الضوئي على الترسبات غير هام . كذلك فإن جزء من الجزيئات الهيدروفوبية القوية تتوزع تجزئيا بإمتصاصها على الترسبات والذي يكون بطيئا عما في حالة الجزيئات العضوية وهو ما يشير بأن جزء معنوي من الملوثات الهيدروفوبية سوف تمتص خلال الترسبات العالقة في البيئات المائية و التي تسمح بنفاذ حقيقي للضوء .

٢- الكتلة الحية : Biota

كالطحالب والبكتريا المكونة لكتلة (bulk) الجسيمات العالقة بالمحيطات وكثير من البحيرات والتي تتراكم بها الجزيئات الغير قطبية بالبكتريا من خلال عملية اتران عكسي سريعة ولكن غير معروف شيء عن النشاط الضوئي للجزيئات الممتصة على البكتريا .

وتمتص الطحالب ضوء الشمس كثيرا عن البكتريا ولهذا فالمرجع أن التحولات الضوء كيميائية المباشرة للملوثات الممتصة في البحر سوف تحدث بصفة رئيسية (سائدة) على الطحالب فالطحالب قادرة على توسط التحولات الضوء كيميائية للملوثات والتي لا تتضمن تفاعلات تخليق ضوئي بواسطة بيئة نامية أو مواد ذائبة تتفرد من الطحالب . وبافتراض أن التفاعلات تتضمن امتصاص الجزيئات بالطحالب والتي تصور على أنها :

- عملية سلبية (كالامتصاص بالترسبات) والممكن تقديرها كميًا بمعامل التجزيئي .
- أو أنها عملية امتصاص عكسية وأن معدل الترسب (K p) للطحالب ربما يرتبط مع معامل التجزيئي : أوكتانول /ماء وبمعرفة معامل

التجزئي والتركيزات بالطحالب الموجودة في الماء أمكن تقدير التركيزات الصغيرة للمركب في كتلة الماء والممتص بالطحالب وعليه فإن معدل ثوابت التحولات الضوئية على الطحالب أكبر من عمليات التحلل الضوئي في الماء لأن الطحالب تؤثر بدورها على معدل التحلل الضوئي في النظام.

٣- التجزئي للمترسبات القاعية (Partitioning to bottom Sediments) :

وجدت العديد من الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات (Poly cyclic Aromatic Hydrocarbons : PAHs) وكذلك البيفينولات عديدة الكلور (PCBs) بالترسبات القاعية للبحيرات والأنهار فهي بمثابة بالوعة دائمة (Sink) لهذه الملوثات وأن عملية امتصاصها تكون عكسية على الأكل مع الملوثات العضوية الغير أيونية .

فالكتلة الحية بأعمدة المياه تتلوث بالملوثات بنفاذها فلا يعتقد أن هذا المسار (النفاذ) نتيجة التضخم الحيوي (Biomagnification) كما بالسلاسل الغذائية ولكنه أخذ مباشر لجزيئات السم المنفردة من الترسبات القاعية لأعمدة الماء .

والعوامل المؤثرة على تبادل الأعمدة المترسبة القاعية (Bottom Sediment Water) غير مفهومة تماما فالبروفيل الرأسي للنيوكليوتيدات تشير لاختلاط الطبقة العلوية والحادث أساسا لحركة القاعيات الكبيرة (macrobenthos) بالبحيرات فالخلط يمكنه تحريك الجزيئات من الأعماق بالترسبات إلى السطح حيث يحدث التبادل (exchange) مع المياه الراكدة .
والطبقة المخلوطة في الترسب يمكنها أن تمتد حتى ١٢ سم بينما أعماق الطبقات المختلفة تكون في حدود ٥ سم أو أقل وهو أكثر ملاحظة بالبحيرات بل قد تصل لعدة مليمترات بالبحيرات والأنهار .

ودرس (Burns) سلوك جزيئات مركب سام بـإيمودج أو موديل تحت الظروف البيئية لشرح تأثيرات الامتصاص على سلوك المركبات النشطة كيميائيا مع افتراض العمق ٢ متر وتم حساب فترات نصف الحياة كدالة

لثابت معدل الترسيب (Kp) لبعض الحالات التي يحدث بها تحليل مائي أو الحالات التي لا يحدث بها ففي الحالة التي لا يحدث فيها تحليل ضوئي فإن الاقتراح بأن العملية الوحيدة التي تحدث هي فق المركب من النظام .

٤- دور معامل التوزيع التجزيئي في السمية :

لوحظت علاقة بين معامل التوزيع التجزيئي في زيت الزيتون/ماء (P) والفعل المخدر (Narcotic action) لعدد من المركبات العضوية على كثير من الكائنات الحية خاصة أفراس الضفادع (Tad poles) .

$$\text{لو } \frac{1}{P} - (\text{التركيز الموزع المعطى تأثير مخدر}) = 0.94 \text{ لو } P + 0.87$$

حيث كان معامل الارتباط (r) لهذه الدراسة 0.971 (الانحراف المعياري S : 0.280 و عدد البيانات 51) وهو ما يشير إلى أن معامل التوزيع العالي يكون الأعلى وفي السمية ويعطي علاقة خطية تستمر للنهاية.

ولكن نجد بنهاية الأمر أنه بزيادة قيمة لو P فإن النشاط يبدأ في التضاؤل (Fall off) وتصبح المعادلة السابقة كما يلي :

$$\text{لو } \frac{1}{2} \text{ عامل التركيز} = 0.54 \text{ لو } P + 0.12 \text{ 'معادلة ليست جيدة الارتباط' .}$$

(Bioconc. Factor)

حيث كان معامل الارتباط (r) لهذه التركيزات = 0.948 (الانحراف المعياري S : 0.342 و عدد النقاط 8) .

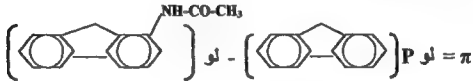
وكلا المعادلتين تشير بأن الزيادة في الهيدروفوبية (Hydrophobicity) للمركبات تعطي زيادة في السمية في السوائل البيئية وهو بدوره لصلة ارتباط بين تفاعل أنواع الأنظمة وتداخلها مع المركبات العضوية في البيئات المسائلة وعمليات التوزيع التجزيئي ، وتحليل هذه التداخلات فإن :

معايير الهيدروفوبية : لو (P) ، π ، r يجب الإلمام بها ودراستها .

لو (P) : معيار إضافي متألف (Additive Constitutive) وهو ما يعني إمكانية تقدير قيم (P) للعديد من المركبات وبدون القياس الفعلي لها وهو ما يمكن شرحه بالمعيار π حيث على سبيل المثال :

$$\pi a = \text{لو } P_x - \text{لو } P_H P_X = 2.84 - 2.12 = 0.71$$

حيث تختلف قيم π من نظام لآخر ويفترض ثباتها بالأنظمة المتماثلة .
فعلى سبيل المثال : معامل التوزيع التجزيئي للمركب ٢- أسيتيل أمينو فلورسين يحسب كالتالي :



$$\text{أمينو فلورسين} - \text{أسيتيل} = 4.18 - 0.97 = 3.21$$

فإذا كان هناك اثنين أو أكثر من الاستبدالات فعلى الأقل إحداها له تأثير إلكتروني قوي ويوضع هذا الاستبدال بالحلقة فأن الطريقة السابقة ستكون خطأ بحوالي ٠,٥ - ١,٠ وحدة لو غاريتم .

دور الهيدروفوبية في حجز الكيماويات بالبروتينيات والمواد الأخرى :
(Hydrophobicity role in sequestering of chemicals by Proteins and other materials)

يعد تفاعل المواد الهيدروفوبية مع البروتينيات عن الليبيدات في الأغشية إحدى ميكانيكيات النشاط السام وهي تماثل ما يحدث عند حجز الأغشية للمركبات العضوية الليبوفيلية وهو ما تشرحه المعادلتين التاليتين والتي تعبر عن ارتباط المركبات مع ألبومين السيرم البقري أما ارتباطها مع الهيموجلوبين البقري فكانت :

$$\text{لو } C/1 = 0.67 \text{ لو } P + 1.6 \dots (S = 0.945, r = 0.75, n = 0.244) \\ \text{لو } C/1 = 0.67 \text{ لو } P + 1.96 \dots (S = 0.941, r = 0.17, n = 0.163)$$

حيث C : هي التركيز المولاري للمركب المرتبط والذي يعطي معقد ١:١ مرتبط ببروتين .

وهذه النتائج توضح أن البروتين المرتبط يتكون من جزيئات مختلفة ومتنوعة في نسبة معامل التجزئي لهما في الأوكتانول / ماء وهذا يعني أنه بمجرد دخول المركبات العضوية للكائنات الحية فإنها ترتبط مباشرة ببروتينات مختلفة .

الباب الحادي والعشرون

قياس التطاير
ومعدلات انتشار أعمدة السموم
والملوثات البيئية الكارهة للماء
(الهيدروفوبية)

قياس التطاير ومعدلات إنتشار أعمدة السموم والملوثات البيئية الكارهة للماء

(Estimating Volatilization & Water Column Diffusion rates of Hydrophobic Pollutants)

يعتمد التحكم الناجح في الأنشطة البيئية المحتوية على مركبات سامة على مقدرة التقدير الكمي للديناميكيات البيئية (الحركية) للمركب .

وربما يعد التطاير من كتلة المياه مسار بيئي معنوي ربما يؤثر بدوره على التعرض وستعرض هنا لإختبار تقنيات تطاير السموم ووصف عملياتها وكذلك الوصف الرياضي المعبر عنها وتعريف أهم الطرق لتتبعها مع الاقتراحات العملية والميدانية للتقنيات اللازمة للحصول منها على النتائج التي يحتاج إليها .

١- تقنيات تبادل الهواء - ماء :

إن انتقال مركب ما من أعماق بحيرة أو مترسب ما يتضمن عدة مراحل متعاقبة ولكل منها معدل وسرعة انتشار أو بقاء وبافتراض أن المعدل الكلي والمتحكم بأي من المراحل التالية تكون سرعته منخفضة (أي المراحل ذات الثبات أو البقاء) :

- ١- مرحلة الأفراد من الترسبات .
- ٢- مرحلة الإنتشار خلال الطبقة السفلية للماء .
- ٣- مرح الإنتشار خلال الترموكلين .
- ٤- مرحلة الإنتشار خلال الطبقة العلوية للماء لقرب السطح وبعمق متر .
- ٥- مرحلة الإنتشار للسطح خلال السطح السائل .
- ٦- مرحلة الإنتقال عبر السطوح المتكدسة .
- ٧- مرحلة الإنتشار من الفيلم الجوي لكتلة الغلاف الجوي .

وبعض هذه المراحل يمكن التعبير عنها رياضيا ولكن يكون تتبع معدلاتها مع الدقة المعقولة بعيد شيء ما .

وبالنسبة للأنهار فالانتشار من قاعدتها لسطحها غالبا ما يكون سريع لتفاعل التيارات النهرية مع القاعدة والمقارنة الأساسية ربما تكمن تحت السطح .

أما بالنسبة للبحيرات الضحلة فإن الانتشار للسطح البيئسي خلال السطح المائل (Stagnant film) ثم الانتشار خلال فيلم الهواء الجوي لكثلة الجو يتحكم في عمليات انتشار وانتقال المواد العضوية طالما أنها أبطأ من الانتشار الرأسي خلال الطبقة العلوية للماء (السطحية) ومن هنا يتحكموا في كيف تستنزف سرعة المياه السطحية المركب السام أو الملوث البيئي .

وهناك ميكانيكية أخرى لا تعتمد على الانتشار وهي الانتقال عبر السطوح البيئية بمساعدة حركة كتلة الماء كذلك فيمكن لفقايع الهواء المتصاعدة خاصة من عمليات الهدم اللاهوائي حمل هذه المواد مباشرة للسطح كذلك القطرات المائية المندفعة للجو من انفجار الفقائيع (Bursting bubbles) أو الموجات المتجمطة ربما تحمل ملوثات ذائبة معها .

كذلك أيضا ترسب المطر والتلج والجسيمات الصلبة الخاصة بعد طريقة معنوية لترسب أو لإعادة ترسب هذه الملوثات من الجو .

وربما تطفو الملوثات على السطح أو تغوص خلال أعمدة الماء بمساعدة كتلة الكائنات الحية أو الميتة أو الأجسام المعدنية أو المواد البرازية وكل هذه العمليات تؤهل التعريف الكمي والتوزيع الممكن قياس نسبة انتشاره .

٢- الطريقة التقليدية ثنائية المقاومة (Conventional Two-Resistance

: Approach)

أن الطريقة التقليدية للتقدير الكمي لتبادل الانتشار هواء-ماء :
 باستخدام موديل أو إتمودج (Whitman) ثنائي المقاومة للتعبير عن السريان
 الكلي : أي معاملات انتقال الكتلة السائلة والغازية (K_L ، K_G) وثابت
 قانون هنري (H) :
 معدل سريان المادة (N) =

$$(H + P - C) K_{OL} = [RT + (P - CH)] K_{OG}$$

$$1 + 1 = K_{OG} = 1/K_G + (H + RTK_L) : \text{حيث}$$

$$HK_G / RT + K_L / 1 = K_{OL} / 1$$

$$RT + K_{OG} = K_{OL}$$

وعليه فأساسيات قياس السريان هي K , K_L , K_G
 ويسمى المقطع التالي بالمقاومة الأساسية

$$RTK_L + H , K_G + 1$$

وتكون مقاومة المحلول (أو الماء) هي :

$$H K_G + RTK_L$$

: حيث

$$K_G = 300 \text{ سم}^3 / \text{ساعة}$$

$$K_L = 20 \text{ سم}^3 / \text{ساعة}$$

$$K_G + K_L = 100 \sim 150$$

$$RT = 0.024 \text{ سم}^3 \text{ ذرة} / \text{حجم مول}$$

$$\text{نسبة مقاومة المحلول للغاز} = HK_G / RTK_L = 6000 . H$$

وحدة (H ذرة م^٣ / حجم مول) = نسبة الضغط البخاري جذويائية المحلول (حجم مول/م^٣) .

وعليه تكون :

أ- المواد المذابة ذات ثابت هنري (H) $< 10^{-3}$ كالبنزين والالكانات حيث مقاومة الطور السائل تكون سائدة .

ب- المواد المذابة ذات ثابت هنري (H) $< 10^{-4}$ مثل ثاني أكسيد الكبريت والالكانات حيث مقاومة الطور الغازي تكون سائدة .

ج- المواد المذابة ذات ثابت هنري (H) المتوسط بينهما مثل ددت تكون كلتا المقاومتين سائنتين (ميسطرتين) لذا فمن المهم تقدير (H) لتعريف أيهما المسيطر .

د- وعندما تكون (H) عالية وقيمة P تقترب من الصفر فإن المعادلة تختصر إلى $C \cdot K_L = N$.

حيث لا يعتمد معدل التطاير على قيمة (H) ويكون المتحكم في المعدل الكلي هو الانتشار البطيء خلال الطبقة السائلة قرب السطح لذا فإن الخطوة التالية للتطاير والذي معدلها يعتمد على قيمة (H) تكون سريعة نسبيا وهي غير هامة .

٣- طريقة النشاط : (Fugacity method)

عند الأخذ في الاعتبار تعقيد عمليات الانتقال والمتمضمنة العديد من المقاومات فإنه من الأكثر ملائمة إحلال طريقة النشاط (الفيجاستي) محل التركيز وهنا تعتبر العمليات الكلية كالانتشار خلال سلسلة من الحجيرات (Compartments) لكل من مقاومة حجرة الترسبات بالطبقة السفلية للماء والسائل أو الغاز قرب السطح المتبقي في أي طور أو حجرة فإن انتشار الكتلة تختلف لاختلاف التركيز وهنا يستخدم قانون فيك للانتشار (FicksLow) بين الأطوار عند اتران التركيزات المختلفة فالأكسجين في حالة اتران يبين

الهواء والماء مثلا ويكون تركيزه في حدود ٠,٣ جم مول / م^٣ في الماء و ٨,٠ جم مول / م^٣ في الهواء .

وقد يعبر عن الاتزان التجزيئي بمعادلة جهد المادة الكيميائية (الفيوجاستي) للمادة في كل طور ولكن للأسف فجهد المادة الكيميائية فكرة صعبة للتمسك بها أو استخدامها لذا يفضل استخدام الفيوجاستي كمفهوم نشط ولها ميزتان في العمل البيئي :

- لها وحدات ضغط جوي يمكن إعزائها لضغط أو ميل للهروب للمادة من طورها .
- تحت العديد من الظروف البيئية فالفيوجاستي (للنشاط) تكون ذات علاقة خطية متناسبة مع التركيز وهنا يكون للوغاريتم الجهد الكيميائي علاقة بها .

من المهم أن يكون التركيز أكبر من الفيوجاستي ولذا تكون هناك علاقة خطية بسيطة بين الفيوجاستي (f) والتركيز (c) والمتناسين بثابت (F) :

$$\text{النشاط } (f) = (C)f \quad (\text{جوي ا جم مول} / \text{م}^3 / \text{م}^5)$$

حيث قيم (F) تعتمد على الحرارة وطبيعة المادة والوسط الموجودة فيه التركيز والمعنوية الضعيفة للثابت (F) في كونها تقدير كمي للميل للهروب وبوحدات التركيز :

فعندما تكون قيمة (F) : كبيرة فإن التركيز يبذل نشاط كبير .

و عندما تكون قيمة (F) : صغيرة فإن التركيز يبذل نشاط ضعيف

والنتيجة هي :

أن انتشار الملوث يميل للتراكم في طبقات أو مناطق ذات قيم منخفضة للثابت (F) والتي تكون فيها التركيزات العالية للملوث محتملة فعلى سبيل المثال :

قيمة الثابت (F) لملوث في الماء على درجة الحرارة الطبيعية هي ٠,٦٧ جوي / جم مول / م^٣ .

بينما قيمة الثابت (F) لملوث في الهواء على درجة الحرارة الطبيعية هي ٠,٠٢٤ جوي / جم مول / م^٣ .

وتكون النتيجة أنه يحتاج أو يتخذ تركيزه العالي في الهواء عن الماء بعامل هو ٢٧ (نسبة قيمة F) .

ومن الضروري تطوير مقدرة قيمة (F) المحسوبة لمادة متطايرة لكل الأطوار المناسبة وهو ما يثبت أنها بسيطة جدا ليست محددة للطور الموجود المتزن .

□ الطور البخاري: الجوي:

$$P = F \cdot (Y = \text{الكسر المولي}) \cdot \phi \cdot (\text{معامل النشاط}) \cdot P_T \cdot (\text{الضغط الكلي - الجوي})$$

ويكافئ النشاط في غالبية الحالات الضغط الجوي وهذه المعادلة تفترض وجود المذاب في صورة غازية وليس معه أي جسيمات وعليه يكون :

$$C \cdot (\text{التركيز جم مول}) = \frac{F}{RT} \cdot f = \frac{RT}{P} \cdot V \cdot n = \frac{F}{RT} \cdot f$$

حيث تكون :

$$F \text{ للبخار} = RT = ٢٤ \text{ جوي / لتر / جم مول} = ٠,٠٢٤ \text{ م}^٣ \text{ جوي / جم مول} .$$

حيث لا تعتمد F على طبيعة المذاب أو تركيب البخار .

□ الطور المائي (Water phase) :

وفيه تكون $x = f$ حيث $O_s y x =$:
 $x =$ هي الكسر المولي

P_s = هي الضغط البخاري للمذاب السائل النقي .
 γ = هي معامل النشاط للطور السائل طبقاً لقانون راؤولت (Raoult) وليس هنري (H) .

فعندما تكون X هي الوحدة وكذلك معامل النشاط γ فإن قيمة f تصبح الضغط البخاري للمكون النقي . ففي حالة المواد الغير متآينة يزداد معامل النشاط بانخفاض الكسر المولي (X) بالمحاليل المخففة جداً وتصبح صفر وغالباً ما تكون العلاقة صورة :

$$K (X-1)^2 = \gamma$$

ففي أغلب المحاليل البيئية فإن الكسر المولي x يكون صغير وهذا فإن معامل النشاط γ يتساوى مع الثابت K وتقترب قيمة معامل النشاط γ من الثبات وتقود لأقرب قيمة ثبات (F كبيرة) .

أما العلاقة بين النشاط (f) والتركيز (c) لاعطاء قيم (F) يتم الحصول عليها عند التخفيف اللانهائي :

$$yP_sV = x + f_v = H = C \div P = C \div f = F$$

حيث V = الحجم المولاري (مم³/جم مول) من السائل (ماء) .

أما الثابت (F) للسوائل فيساوي ببساطة ثابت هنري (H) وهو يساوي ما يتفق مع تعريف ثابت هنري (H) والذي يكون بأي تركيز سائل يضاعف ليعطي ضغط جزئي (P) وهذا يساوي النشاط (f) .

□ الطور الماص (Sorbed phase)

حيث تمثل العلاقة التالية البسيطة امتصاص المادة :

x (جزء في المليون) Kp= (معامل الامتصاص)
 في الممتص الصلب (جزء في المليون من
 موزن مذاب/كج مادة صلبة
 (جزء في المليون مذاب
 في الممتص الصلب)

فإذا كان تركيز الممتص = S جم / م³ (جزء في المليون)

وعليه يكون تركيز المادة الممتصة : Cs (مول / م³)

فتصبح Cs = Sx⁻¹⁰ = Kp⁻¹⁰ Cs مول / م³

والنشاط H = CH = f (SKp⁻¹⁰ + Cs)

إذن [(H ÷ SKp)⁻¹⁰] = Cs

(SKp÷ H)⁻¹⁰ = f

ويمكن استخدام هذا التحليل للامتصاص بجسيمات الهواء الجوي
 . (Sorption on atmospheric particales)

ويجب الحذر عندما يكون المذاب الممتص يتصيد طبيعياً أو يتضمن
 في الجسيمات فعلى سبيل المثال ما يحدث في المركبات الأروماتية عديدة
 النواة والمتكونة خلال الاحتراق كما تساعد جزئيات الهباب ، وهذه المواد
 غير قادرة لإظهار النشاط الداخلي لخارج حدود الجسيم وهو ليس حالة اتزان
 حقيقية .

مما سبق يتضح أن قيمة :

RT = F للطور البخاري

H = F للطور السائل

(SKp÷ H)⁻¹⁰ = F للطور الماص

حساب كتلة السريان (Mass Flux calculations) :

الشكل التالي يظهر مقارنة للتركيز في الحالة الثابتة (Steady state)
 وبروفيل النشاط لمركب سام مذاب ينتشر من الترسبات خلال عمود الماء
 المصنف ببيئة طبقات (Stratified) للجو ، ويلاحظ أن بروفيل التركيز له

استمرارية على سطح الماء و سطح التداخل للمترسبات في الماء بينما بروفيل النشاط مستمر ووحيد الدرجة ، (Monotoine) .

حيث عملية الانتشار ترجع لسلمة من المقومات في حس كهربي مع المريان الكلي (التيار) والمشتق من الاختلاف في النشاط الطرفي (لقولت (فلكل منطقة أو حجيرة يكون لها ميل نشاط ثابت وهنا يمكن كتابة معادلة سريان في صورة قانون فيك :

الانتشار (Diffusivity) $AC.d =$ (الاختلاف في التركيز) $AZ +$ (مسافة الانتشار)

$$\Delta I/r = \Delta Z . F \div \Delta f . d = D$$

حيث $\Delta Z . F$ هي المقاومة بالقرب من تداخل الهواء والماء فمن الممكن قياس d أو بدقة ومن أكثرهم ملائمة إلى المعيار المفردى K وتعرف قيمة $\Delta Z / D$ بمعامل انتقال الكتلة وهنا تصبح $K/F = r$ فإذا كانت r_1, r_2, r_3 عدة مقاومات تنظم أو تعيد ترتيب معادلة السريان :

$$Nr_1 = \Delta F_1$$

$$Nr_2 = \Delta F_2$$

ومجموع هذه المقاطع هو الفرق بين النشاط الطرفي (Δf_T) وعلى مسبيل المثال تكون بين المترسبات والجو :

$$N = \Delta f_T > \Delta f_1 + \Delta f_2 + \Delta f_3 + \dots$$

$$\Sigma_{ij} N =$$

$$\Sigma_{ij} . \Delta f_T = N$$

فإذا كان مقطع مقاومة يمكن تقديره كمياً ، والمقاومة المساندة يمكن تعريفها وحساب السريان بالحالة الثانية ، شكل رقم (٢١-١) .

والقيمة الفردية (Δf) يمكن حينئذ حسابها مثل النشاط عند حدود الحجرة ومن الشيق إذا كان هذا التحليل استخدام لمقاومة فيلم السوائل أو البخار (r_G) (r_L) فإنه يمكن أن نرى أن المقاومة تصبح r_T تصبح :

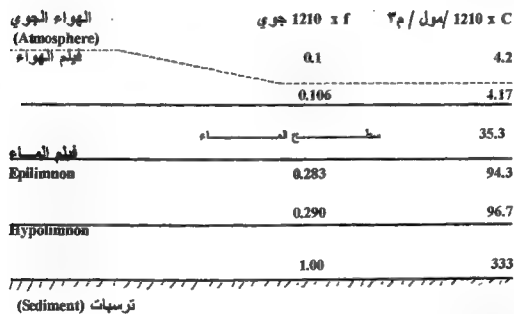
$$K_L \div F_L + K_G \div F_G = r_L + r_G = r_T$$

ولكن F_G هي RT و F_L هي H

$$(K_L \div H + K_G \div RT) \div (P-H) = r_T \div f_G - f_L = (N)$$

$$(RT \div (P-CB) K_{OG}) =$$

وهذه الطريقة بسيطة لحالات خاصة للنموذج : المقاومة المتعددة العام ومميزات هذا النموذج العام هو إمكانية تعريف وتقدير كمي للحالات و التي فيها المقاومة السائدة (المسيطرة) تكمن في مكان آخر غير الغاز أو الأفلام السائلة .



شكل رقم (٢١-١) : النشاط والتركيزات في عمود ماء

الكتلة الحية (Biota) :

يعد تحليل عمليتي الانتقال والمال لحجيرة الكائنات الحية (البيوتا) بمعلومات مرضية محدودة لتتبع سلوك جزئيات السموم في الكتلة الحية وبمعرفة المعلومات الكافية عن فترة التعريض والتركيز وسعة التراكم الحيوي بها لجزئيات مركب سام أو ملوث بيئي يمكن من خلالها معرفة سعة التمثيل الحيوي بها ومعدل انفراد جزئيات المركب منها وهو ما يمكن بالتالي الحصول عليه من دراسات الانتقال والمال فهذه الدراسات تلعب دور المفتاح في تقييم أضرار وأخطار الكيماويات السامة :

معامل التوزيع التجزيئي أوكتانول / ماء (P) =
تركيز جزئيات السم في الأوكتان ÷ تركيزها بالماء .

فهناك ارتباط بين معامل التوزيع التجزيئي وعامل التراكم الحيوي للعديد من السموم العضوية .

عامل التراكم (التركيز) الحيوي =
٠,٥٢٤ لو (P) + ٠,١٢٤

حيث بني هذا الارتباط على الافتراض بأن أغلب جزئيات السموم العضوية طالما تم تخزينها في الطور الحيوي فإنها تنتقل إلى الطور الليبيدي وهو ارتباط جيد بالرغم من قيم (P) والمستخدم في الارتباط محسوبة نظريا ولكن وجد بالتجربة أن :

لو EH = ٠,٧,٢٨٥ + ٠,٦٣٣٥ لو (P)
فهذا الارتباط لا يتعلق بقيم (P) المنخفضة أو لجزئيات السموم المتأينة أو المرتبطة بروتين أو بولييمرات حيوية والارتباط بين معامل التجزئي والنوبان في الماء للعديد من جزئيات السموم :

لو (P) = Co (التركيز بالاوكتانول) - لو Cw (التركيز بالماء)

ومن المحتمل عند الاتزان لمعظم جزيئات السموم الغير قابلة للذوبان في الماء (الهيدروفوبية) يكون تركيزها والأوكتانول يقترب من معدل ذوبانها في الماء وفي الأوكتانول على الترتيب ومن المحتمل أن ذوبانية المواد العضوية الهيدروفوبية في الأوكتانول كلها في نفس المدي وطالما أن معظم السموم لها درجة ذوبان عالية في الأوكتانول عن الماء يمكن تبسيط المعادلة السابقة لتعطي علاقة خطية بين الذوبان في الماء ومعامل التجزيئي (P) ولطالما أن هناك ارتباط بين معامل التجزيئي والتضخم الحيوي فأن هناك علاقة متوقعة بين الذوبان في الماء وعامل التركيز الحيوي .

وقام Metcalf بتوقيع العلاقة بين معامل التجزيئي وعامل التركيز الحيوي (التضخم) في مقابل الذوبانية في الماء على تدرج لوجاريتمي حيث لوحظت علاقة بين التركيز الحيوي والذوبانية في الماء كذلك لوحظ أن قسم (P) مفيدة جدا في تتبع سمية الجزيئات الكيماوية ، كذلك فقد طور علاقة ارتباط تتضمن السمية ومعامل التجزيئي والعوامل الإليكترونية في سلسلة من المركبات لها نفس الهيكل الأساسي وتختلف في الاستبدالات .

قياس التعريض :

يعرف تركيز التعريض بأنه التركيز المتعرض له لوقت معين ويقاس من خلال المعلومات الخاصة بالانتقال والمآل (Fate) وسيختلف تركيز المادة الفعلي الواصل للكائن الحي المستهدف ، والعناصر الثلاثة التالية تقيّد في قياس تركيز التعريض :

□ المصدر : إن مصدر المعلومات المتحصل عليها عن المركب السام يمكن التوصل إليها باعتبار أن هذه العوامل ذات طبيعة إنتاجية ، ومعدل الأفراد خلال استخدامه ومعدل الإخراج ونظام الاستعمال والتوزيع تبعاً لطبيعة المصدر للبيانات المحتاج إليها التحطي لاتزان كتلة المركب .

□ صفات الانتقال والتحول : ويحتاج إليها في تحديد المسارات البيئية الكبرى فهي المفتاح لتقدير التركيز المعرض من المركب .

□ المجموع عند الخطر : وهي معلومات يحتاج إليها في تقدير عدد مجموعات التعداد التي قد تعرضت للمركب في وقت محدد وخصائص المهنة (Occupational) والمراقبة والإشراف الطبي (Surveillance) والاستخدام الاقتصادي .

نماذج لقياس التعرض :

المعلومات الداخلة أو الواردة عن الصفات الطبيعية وصفات الانتقال و التحول الطبيعي تستخدم لبناء نماذج رياضية قادرة على قياس التعرض لمادة سامة أو ملوث بيئي في التربة والهواء والماء والسمك ، وهذا النموذج يستخدم :

- معايير الانتقال : أي التطاير ، الامصاص ، التحولات الحيوية ومعامل التجزيء.
- الصفات الطبيعية والكيميائية للجزيء السام .
- ثابت معدل الاتهيار والاتهيار الحيوي بالأسماك والكائنات الحية النباتية والحيوانية والإنسان .

يستخدم هذا النموذج في البحيرات والتي قد تكون إعتباطية في الحجم وتمثل حلقات من أعمدة الماء أو الترسيبات و الأنظمة المائية : التيارات القوية : الخفق أو البحيرات وتبني علي المعادلة التالية :

كتلة المكون M_{II} =
 كتلة الملوث الداخلة للحجرة الأولى $II(A_{II})$ + كتلة الملوث في الطور المائي والمضاف من ΣM_{II} أي الداخلة + كتلة المكون M_{III} - كتلة الملوث في الطور المائي والمنتقل خارج الحجرة I إلى الحجرة J (ΣJ) أي الخارجة .

ويمثل تركيز المادة في الطور المترسب بالمعادلة التالية :

تركيز المادة بالطور المترسب (Mst) =
كمية الملوث الخارجة أو الداخلة للتربة / ترسب (IsAt) + كتلة الملوث الصلب من
الجهة المجاورة في (MstI) : أي الخارجة - كتلة الصلب والمعلق والمنسابة من الحجرة
I إلى الحجرة J (MstJ) : أي الخارجة .

وتحسب عمليات التحول الطبيعي كدالة (f)

$$Vi. i (rb + rv + ro + rh + rp) = dt / dMLi F_{Li}$$

حيث r : تمثل ثوابت معدل التحلل الضوئي والمائي والأكسدة
والتطاير والانهيار الحيوي .
Vi : تمثل الحجم .

نموذج معدل سريان المادة الكيميائية السامة :

وتعد معلومات الانتقال والتحول الطبيعي مفيدة لتتبع بروفيل التركيز
لجزئيات السموم في انسياب المياه بالأنهار حيث تركيزها ناتج عن سريانها .

فنموذج التتبع يعرف بأسم تحكم السريان الزراعي (Agro-run off management) ويتطلب تقارير عن معدل سقوط المطر وكمية المركب السام
والانتقال والتحول الطبيعي (الصفات الطبيعية والكيميائية للمركب السام)
وهي بيانات ضرورية كمعايير لتحديد الصفات الطبيعية لحوض المياه وكذلك
بيانات عن متوسط حجم الحقل لتقدير الحمل وتركيز المركب في أي وقت .

ويقدر التركيز الداخل للنهر بالمعادلة التالية :

$$\div \text{ التركيز عقب الحمل الحادث } [C^T (t^*)] = [C^T (t) + \text{ حمل السم الداخل للنهر } (L)] \\ \div \text{ متوسط الوقت للحركة لأسفل بطول النهر } (\pi) . \text{ حجم معدل التدفق للنهر } (Q)]$$

التركيز المنتبج بالمعادلة السابقة هو الكمية الغير ذاتية والممنصة / وحدة الحجم من مياه النهر ، حيث التركيز الذائب من جزئيات المركب السام لها علاقة بالتركيز الكلي :

$$C(t) = C(1 + \frac{1}{CT}) + 1 \cdot CT \quad (1+)$$

(العلاق: S) . 10⁻¹ . (التركيز في المترسب / ماء: K) . (التركيز في المترسب

حيث تبني هذه المعادلة بإفتراض أنزان تجريبي بين الكمية الممنصة والذائبة من المركب المتحصل عليه لحظيا وأن حمل السم يتوزع بطول النهر في قطاعات التحليل وبمجرد قياس تركيز السم الذائب عند وقت التحميل فإن عمليات الانهيار يمكن تقديرها بقياس تركيز السم كدالة للوقت عند موضع التيار في نقطة الدخول .

وتستخدم عمليات التحليل والتطابير والأكسدة والانهيار البكتيري والتحليل الضوئي وأبعاد منطقة المقطع النهري والظروف البيئية الثابتة ولهذا فمعظم عمليات الانهيار يمكن تمثيلها بتفاعلات من الدرجة الأولى الكائبة ، وبمعرفة معدل الانهيار وسرعة الماء وكتلة الأتزان يمكن تمثيلها بالمعادلة :

$$\frac{C_s(K)}{1 + S \cdot K} = \frac{(Vdc)}{dx} \quad \text{ثابت معدل الانهيار } C_s(K)$$

ومن المعادلات الثلاث السابقة يمكن استنتاج أن :

$$C(t) = C \cdot e^{-\frac{(K \cdot t)}{(1 + S \cdot K)}}$$

وتضيف هذه المعادلة أنزان الكتلة حيث معدل الانتقال بواسطة الانتشار الدوراني إذا ما قورن بمعدل انسياب الكتلة ، وعند إحلل (X) بالوقت (t) بالمعادلة الأخيرة يمكن تقدير التركيز عند فتحة النهر عند أو أنشاء تحميل المركب بأي وقت يتحرك فيه لأسفل بطول النهر . ولقد أمكن استخدام مفهوم الانتقال والمال في غربة أو تصفية السموم تبعاً لمالها وسلوكها في البيئة :

أ- المفهوم السريع للعلامات (Benchmark concept) :

حيث ينتخب مركب أو أكثر من مجموعة المركبات السامة المختبرة لها المعايير البيئية السابقة ويتكامل هذه المعلومات يتم بناء بروفيل بيئي لهذا القسم من الكيماويات ، وعند تتبع سلوك مركب جديد فإن أول خطوة هي إيجاد مركب مناظر ومماثل له في الترتيب السابق ثم مقارنتها ومن خلال أنماط طرق التمييز يمكن أن يتتبع سلوك المركب الجديد .

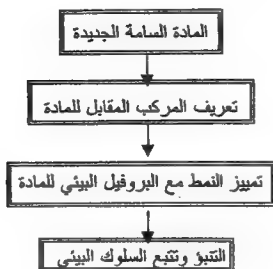
من أمثلة هذه المعايير البيئية والصفات الطبيعية والكيميائية المتضمنة لهذا المفهوم الذوبان في الماء والضغط البخاري والتحليل المائي والانهيار في التربة والاندصاص والتطاير والانهيار الضوئي ومعامل التجزيء تحت ظروف قياسية ثابتة لتمد بمؤشرات ودلائل محددة لسلوك المركب السام ، وعلى سبيل المثال فإن معامل التجزيئي العالي للاوكتانول / ماء تشير لمقدرة التراكم الحيوي بينما تشير قيمة معدل الثبات العالي إلى أثره المتبقي الطويل في البيئة .

ب- النشاط (الفاعلية) والتركيب :

حيث أن النشاط البيولوجي للسم يعتبر دالة للاستبدالات ، فأغلب الصفات الشائعة للجزيء السام هي معامل التجزيئي في الاوكتانول / ماء والسمية حيث لوحظ أن معامل التجزيئي دالة لسلسلة متماثلة من المركبات ترتبط مع عدة صفات سامة حيث وجد أن بعض أوجه التشبه لسلسلة من المركبات يمكن أن ترتبط مع معامل التجزيئي (أوكتانول / ماء) والمعايير الإلكترونية للاستبدال وتمثل بالمعادلة التالية :

لوح (التركيز الذي يعطي تأثيرات سامة) = لو معامل التجزيئي (P) b^+ لو P^+ K^+ .
حيث a ، b : ثوابت
 K : ثابت يمثل المعايير الإلكترونية (ثابت هامت: δ)

كما وجد في العديد من الأنظمة أن قيمة (b) تقترب من الصفر وعند هذه النقطة فإن الاختلاف ينحصر بين العاملين السابقين (أ ، ب) وهو ما ينطبق على سلسلة من المركبات عندما يكون هيكلها الأساسي للجزيئات واحد و الاختلاف ناتج لتغير المجاميع الذالة والاستبدالات ، شكل رقم (٢١-٢) .



شكل رقم (٢١-٢) : بروفيل يستخدم لتتبع سلوك أي مركب من خلال طرق تمييز الأنماط مع استخدام الصفات المقابلة والمطابقة لها

دور الترسيبات الصلبة في انتقال أعمدة الماء :

إذا كان انتشار المذاب موجود بكل من الحالتين الذائبة والممتصة في عمود المياه فإن حساب المقاومة وسريان الكتلة يكون أكثر تعقيدا :

ففي الحالة الأولى :

والتي فيها المادة العالقة مجهولة الوضع أو التأثير ، فإن الانتشار عند سرعة ما يساوي لميثلتها بالمذاب الذائب ويفرض أن الاتزان (النشاط السوي) موجود بالحالتين الممتصة والذائبة فإن :

$$C_D / f = (\text{للمادة الذائبة}) C_D \cdot F_D / f = (\text{للمادة الممتصة}) C_S$$

$$F_T / f = (F_D / f + F_S / f) f = F_D / f + F_S / f = C_D + C_S = \text{الكلية} C_T$$

وحيث أن قيم ΔZ و D شائعة .

$$r_D / l + r_T / l = r_T / l \quad \Longleftarrow \quad F_D / l + F_S / l = F_T / l$$

$$r_D / \Delta f + r_T / \Delta f = N_D + N_S = r_T / \Delta f = N_T$$

والمقاومة الكلية وقيمة (F) تكون أقل من ميثلتها للمقومة المنخفضة أو قيم (F) التي تعكس الطبيعة المتوازنة للمقاومة في الحث الكهربائي ، ومعدل النقل الكلي (N_T) تميل للأحكام بواسطة حالة المقاومة المنخفضة (F ذات قيمة عالية) ، ومعدل المقاومة هو النسبة لقيم (F) الفردية وهي عكس التركيزات الفردية ، المواد الممتصة سوف تزيد في الغالب من معدل التحول الكلي خلال سلسلة من المقومات بواسطة خفض المقاومات للطور المحتوي على المادة الممتصة ، فإذا كانت كل الأطوار محتوية على المادة الممتصة فسوف لا يكون لها تأثير بالرغم من انخفاض المقاومات والنشاط أيضا .

الحالة الثانية :

وهي الحالة التي تنتشر فيها المادة العالقة ويكون لها سرعة سقوط مع تغلغلها بعمود الماء ، وتكون السرعة الخاصة للمادة الماصة هي المجموع الجبري لسرعة الانتشار V(mis) و سرعات الجسيمات وهنا تكون سرعة الانتشار V(mis) مكافئة N/C ففي الحالة الأولى قبل السرعات N_S/C_S ، N_T/C_T ، N_D/C_D كلها مساوية إلى $\Delta Z \div \Delta l$ أو $\Delta F \div F$ وفي الحالة لو كل

متوسط سرعة الجسيمات هو V_p فإن سرعة المادة الماصة تصبح

$$N_s \div C_s + V_p = \text{سرعة المادة الماصة}$$

وتكون حالة الامتصاص للسريان الكلي هي :

$$VC_s + r_s \div \Delta f = \Delta f_z \div \Delta f_D$$

$$\div 1 + r_s \div 1) \Delta f + VC_s - N_T = \text{ويصبح سريان الكتلة الكلية}$$

وهي المجموع الجبري والذي ربما يكون موجب أو سالب وهو ما يعتمد على اتجاه الانتشار للمادة الماصة مساوية أو تزيد عن سرعة الانتشار لأعلى وهنا يحتمل أن يكون النشاط المتدرج الموجود بدون انتقال في الاتجاه العكسي للتدرج . وقد يحدث في البحيرات والأنهار ذات حمل الترسبات العالي والذي سيكون فيها التأثير مهجي قوي لعمود المياه الخاص بالمذاب .

حركة الامتصاص - الانفراد :

حيث يفترض أن الاتزان موجود بين الشكل الذائب والماص ولكن في الغالب لا تعامل هكذا فتجارب الامتصاص غالبا ما توضح امتصاص أولسي سريع وواضح (خارج السطوح) وتكون فترة نصف الحياة بالدقائق كما يفيد في التخلل البطيء للمذاب خلال حالات التصدعات حيث فترة نصف الحياة بالساعات .

والانفراد (اللا - امتصاص) يكون مماثل فهو سريع مع السطوح الخارجية مع انفراد بطيء للمذيب المتصيد في أعماق الثقوب وهذه المعدلات يكون متحكم فيها طالما أن المذيب الممتص متطاير من أي مكون مائي حيث يدور بالأسطح كدوامة ويبقى فيها لفترة قصيرة ، فإذا كانت فترة نصف الحياة للمادة الملوثة المتطايرة عند السطوح أقل من فترة الانفراد فإنه يفترض أن

المذاب سوف يتطاير خلال فترة التعويض وأن القوة المؤدية لذلك (للتطاير) تنشق من الحالة الذائبة ، أما إذا كان اللا ادمصاص سريع فإن المادة سوف تتطاير عقب ادمصاصها.

وفي نظرية الحالة الغير ثابتة حيث أن معامل انتقال الكتلة (K) سوف تكون لها صلة بالانتشارية (D) ووقت التعريض (t) بهذه المعادلة :

$$2/l (\pi t \div D) = K_L$$

حيث أن :

$$\text{قيمة الانتشارية (D) } = 10^{-10} \text{ سم}^2 / \text{ث}$$

$$K_L = 0.0003 \text{ سم/ث}$$

$$l = 1.4 \text{ ث}$$

وهي تبدو غير مشابهة للادمصاص الممكن إدراكه والممكن حدوثه خلال هذه الفترة القصيرة وتحت الظروف الهامة أو الساكنة عندما تكون K_L صغيرة 0.001 سم/ث وقيمة (t) 13 ث فإن بعض اللا ادمصاص سوف يحدث .

والاستنتاجات العامة والوحيدة تتمثل في أن المذاب الثابت سوف يتطاير عند أسطح المادة الممتصة التي حدث لها لا ادمصاص أخيرا في كتلة عمود المائي لتقيم اتزان جديد ، ويحتمل أن تكون المادة الماصة غير مؤثرة على معدل الانتقال في فيلم الماء أي أنه لا تنخفض المقاومة مثلما سبق بعمود الماء .

والكينيتيكية (الحركية) قد تؤثر على سلوك سقوط المواد الصلبة خلال عمود الماء فإذا كانت سرعة السقوط منخفضة وهو ما يشابه الممتص سوف يحتفظ به من كمية اتزان بالمادة الماصة عندما تكون السرعة عالية (جسيمات معدنية) وربما يكون الوقت غير كافى للاتزان المتحصل عليه .

ويلعب الترسيب الممتص عادة دوره كعداد للانتشار لأعلى أو تعزز الانتشار لأسفل عند معدل يعتمد علي تركيز الممتص وسرعة الترسيب أو الوضع وعلي بعض نواحي تأثير حركية الامتصاص _ اللاأمتصاص .

تطبيقات انتقال عمود الماء :

لتوضيح هذه الطريقة توجد أربع حالات افتراضية يجب فحصها وتتضمن التجزيئي والانتقال للملوث الهيدروفوبي من الترسيب لعمود الماء من الهواء الجوي :

الحالة الأولى : فحص نظام مترن (Equilibrium):

حيث الانتقال يساوي صفر . فإذا كان النشاط يساوي 10^{-12} جوي والمفترض المعاملة خلال نظام كامل محكم فإنه يمكن حساب التركيزات لكل مكون حجيري .

$$F_i/f = C_i$$

وكان التركيز الذائب (مول / م³) في عمود الماء أكبر ثماني مرات من مثيله بالجو و ٣٠٠٠ مرة أقل من مثيله بالترسيب :

- فعند تركيز ١٠ جزء في المليون فإن أغلب (٩٥%) الملوث يكون في الصورة الذائبة .

- أما عند تركيز ٣٠٠ جزء في المليون يكون ٤٠% فقط من التركيز الممتص في الصورة الذائبة وهو ما ينسجم مع ما وجدته Paries وآخرون ويؤكد أهمية التركيز الماص في التحكم في التجزيء بين الحالة الذائبة والممتصة وفي كلتا الحالتين فإن تركيز الملوث يكون $10^{-10} \times 5$ ميكروجرام / جم وهي قيمة أعلى بحوالي ٥٠٠٠ مرة لقيمة (Kp) عن التركيز بعمود الماء (10^{-10} ميكروجرام/جم) .

الحالة الثانية : الانتقال بدون امتصاص (الانتقال خلال نظام ممتص حر) :

بفرض أن النشاط الجوي انخفض إلى $10^{-12} \times 0.1$ جوي والتركيزات لم تتغير فإن الحالة الثانية للنشاط المندرج تتطور ويعتمد علي سريان الكتلة القائم على المقاومة الكلية وحساب المقاومة الجزئية أو

الحجيرية . السريان الكلي هو اختلاف النشاط الكلي من الترسبات للجو
(0.9×10^{-12} جوي) مقسومة على المقاومة الكلية (0.3804) والمعرفة
 2.37×10^{-12} مول / م² ساعة .

و تكون سيادة مقاومة طبقة الهيدروليمينيون واضحة وهو يختص به أغلب
النشاط المتدرج . وفي حالة المياه السطحية فإن أغلب المقاومة تكمن في
الفيلم المسائل مع مقاومة خفيفة تحدث في فيلم الغاز وفي الطبقة المختلطة
المائية وهذه الظروف الأخيرة يحتمل حدوثها في الانتقال بالنهر ويكون من
الشيق حساب فترة نصف الحياة أو وقت البقاء للمركب السام أو الملوث
البيئي في هذه المياه . وباعتبار متوسط تركيزها بالطبقة السطحية 10^{-10}
مول / م³ فإن :

متوسط وقت البقاء = العمق × التركيز ÷ السريان

$$2 \times 10^{-12} \div 2.37 \times 10^{-12} = 48 \text{ ساعة}$$

ويكون وقت البقاء في طبقة الهيدروليمينيون هو 453 ساعة (19 يوم)
نتيجة للعمق الكبير والتركيز الأعلى .

إذا اعتبرنا الترسبات 10 سم عمق فإنها تحتوي 10^{-7} مول / م² .
وتكون قادرة لتدعيم السريان العلوي والمساوي 42,000 ساعة (4,8 سنة) .

من الناحية العملية فإن السريان سينخفض كإخفاضه بالترسبات (فترة
نصف الحياة 3,3 سنة) وهو ما يشرح سعة الترسبات لتراكم كميات كبيرة
من المواد السامة ثم تتفرد منها ببطيء خلال عدة سنوات .

والصورة العامة التي تظهر أو تتبقى هي انفراد الملوث ببطيء من
الترسب حيث وقت البقاء عدة سنوات وعند معدل تحكم عالي بواسطة طبقة
الهيدروليمينيون حيث وقت البقاء 19 يوم .

وبمجرد وصول الملوث لسطح المياه فإن وقت البقاء يصل إلى عدة أيام قبل حدوث التطاير .

والمعنى المتضمن لهذه النتائج هي أن عينات المياه السطحية للملوث ربما تكون خاطئة عند تمثيل التركيز لأنها متغيرة والتي تكون أقل من مثيلتها على الأعماق الكبيرة .

الحالة الثالثة : الانتقال مع الامتصاص

إذا أخذ بعين الاعتبار أن هناك مستويين للامتصاص ، فإن القيمة المختلفة لكل r, F يمكن حسابها باستخدام المعادلة السابقة وبسبب اعتبارات الحركة يفترض أن الامتصاص ليس له أثر على مقاومة فيلم الماء ، وكما هو متوقع فمقاومات أخرى تقل قليلا عن ١٠ جزء في المليون ولكنها تكون فعالة أو جوهريّة عند تركيز ٣٠٠ جزء في المليون حيث يعتمد الهبوط في المقاومة على كسر المادة الممتص :

- ففي حالة ١٠ جزء في المليون فإن الزيادة الكلية في سريان الكتلة تزيد بحوالي ٤% .
- بينما في حالة ٣٠٠ جزء في المليون فإن السريان يصل ليناسب الضعف ($٤,٥٤ \times ١٠^{-١٢}$ مول / ٢ ساعة) وسبب هذه الزيادة في الهيبوليمينيون أن التركيزات الكلية العالية تسمح بسريان كتلة كبيرة جدا لأي سرعة انتشار .

ويتأثر وقت البقاء نسبيا بقلّة بمجرد زيادة كل من السريان والتركيز ، ويمكن الاستنتاج بأن الامتصاص يتأثر بمعدلات الانتقال بمعنوية فقط إذا كان الكسر الممكن تقديره للقيمة الكلية للمركب السام أو الملوث الموجود بالصورة الممتصة وإذا كانت الحبيرة التي يحدث بها ذات معدل تحكم أي الانتقال خلال نظامين مختلفين من حيث كمية الممتص الغير مترسب .

الحالة الرابعة : الانتقال مع الامتصاص واللا أدمصاص :

أي الحالة التي تفحص تأثير إضافة سرعة الممتص الترسبي إلى الحالة الثالثة ، والطريقة البسيطة لتقدير ما إذا تراكب سرعة الترسب والممكن تقدير تأثيرها بسرعة الانتقال لفحص التضخم النسبي للمقطع Cs وانتشار سريان الكتلة :

□ فعند تركيز ١٠ جزء في المليون من المادة الماصة فإن التركيز الممتص يكون 10^{-11} مول / م^٣ ويكون سريان الكتلة 2.4×10^{-12} مول / م^٢ ساعة . و لإلغاء الانتشار لأعلى تماما يحتاج لسرعة سقوط 0.246 م / ساعة . وعند سرعة ما تكون مشابهة للسرعة قرب الاتزان سوف تؤدي لترسب الجسيمات .

□ وعند مستوى تركيز ٣٠٠ جزء في المليون فإن التركيز الممتص يتراوح في حدود 30×10^{-11} مول / م^٣ وكتلة السريان تكون عالية عند 4.54×10^{-12} مول / م^٢ ساعة وتكون السرعة الملفاة هي 0.015 م / ساعة والتي أظهرت هذا الاتزان يمكن الحصول عليها خلال السقوط ويمكن الاستنتاج بأنه إذا كان معدل إزالة الممتص والممكن أن يطابق 0.25 م / ساعة عند ١٠ جرام / م^٣ (2.5 م / ساعة أو 0.015 م / ساعة) عند ٣٠٠ جم / م^٣ (2.0 جم / م^٢ . ساعة) سوف تتكون طاقة لإلقاء الانتشار لأعلى في عمود الماء كلية . حيث المعدل ٢ جم / م^٢ ساعة والمقابل لإزالة الترسب لـ ١ ملغم من المادة ذات الكثافة ١.٠ جم / م^٣ / ٣ / ٢٠ يوم .

الباب الثاني والعشرون

القياس الفوتوكيميائي للسموم والملوثات البيئية

في البيئات المائية الطبيعية

القياس الفوتوكيميائي للسموم والملوثات العضوية في البيئات المائية الطبيعية

(Assessing the photochemistry of organic poisons & pollutants in aquatic environment)

ازدادت خلال المائة عام الماضية كمية الملوثات الداخلة لمكونات النظام البيئي خاصة الملوثات الصناعية والتي تدخل البيئة تدريجيا بالأنشطة البشرية (Human activities) والتي يتأثر معدل تحولاتها الطبيعية خاصة التحولات الضوء كيميائية بالتحليل الضوئي المباشر وغير مباشر والتي تقدر بامتصاص الضوء (Ia) والكوانتم الناتجة عنها (Φ)، معدل التحول الضوء كيميائي الصافي هو مجموع معدلات عمليات التحليل الضوئي المباشر وغير مباشر.

وتركيز الملوث تحت الظروف البيئية يكون منخفض لذا توصف عمليات التحليل الضوئي المباشر وغير مباشر بمعدل تعبير رياضي من الدرجة الأولى حيث يتناسب مع تركيز المركب الملوث (P) ومعدل ثابت التحليل الضوئي (Kp) وهو مجموع معدلات ثوابت التحليل الضوئي (Kd) وغير مباشرة (Ks):

$$[P] K_p = P (K_s + K_d) = \text{معدل التحول الضوء كيميائي}$$

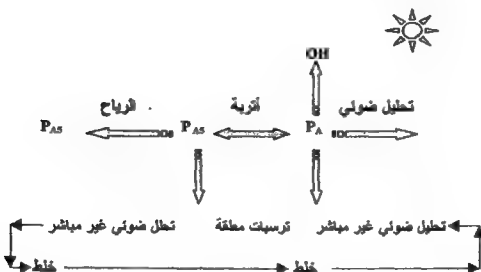
ويمكن تمثيله بمعدل فترة نصف الحياة (Half Life: 1.05) = $(K_s + K_d) \div 0.69$

١- معدلات التحليل الضوئي المباشر (Direct photolysis):
وتتضمن عمليات التحليل الضوئي امتصاص المركب السام أو الملوث البيئي نفسه للضوء شكل رقم (٧٢-١) وتقدر بمعدل امتصاص الضوء (Ia) والكوانتم الناتجة لهذه العملية (Φ) حيث اختفاء ناتج الكوانتم يعد معيار هام لطيف جزء الضوء الممتص الناتج في التفاعل الضوئي:

$$\text{معدل التحلل الضوئي} = I_a \cdot \Phi$$

ويمكن وصف تفاعل التحليل الضوئي المباشر رياضيا بمعادلة من الدرجة الأولى لأنه عند التركيزات المنخفضة من معدل الضوء الممتص (I_a) يكون متناسب مع تركيز المركب $[P]$:

معدل ثابت التحلل الضوئي المباشر عند طول موجي $\lambda = \lambda_0 K_a \Phi_a$
 حيث $\lambda_0 K_a$: معدل الامتصاص النوعي للضوء ومميز بوحدة وقت
 Φ_a : ناتج الكوانتم وليس له تمييز .



شكل رقم (٢٢-١): العمليات المؤثرة على التحولات الضوئية كيميائية في البيئة

ويعتبر اختفاء ناتج الكوانتم (Φ_a) صفة أصلية ومعيار هام يصف جزء الضوء الممتص والناتج من التفاعل الضوئي لأي مركب سام في البيئة المائية والذي يمكن حسابه سريعا من بيانات الحركة المتحصل عليها معمليا فالتحليل الضوئي المباشر هو المسار الوحيد للتحولات الضوئية كيميائية في الماء المقطر ولعديد من المركبات تكون مماثلة للمتحصل عليها من الماء الطبيعي وهذا طبيعي لأن تركيزات المواد الملوثة المنخفضة (الضعيفة)

مثل المواد النيوكليوفيلية المحبة للنواة والتي تدخل أو تخمد تفاعلات ضوئية مباشرة للتحليل الضوئي للملوثات المائية والتي تكون عموماً منخفضة ، جدول رقم (٢٢-١) .

جدول رقم (٢٢-١) : بعض الملوثات وقيمة الكوانتم وفترة نصف الحياة

المركب	نتائج الكوانتم (Φ_d)	فترة نصف الحياة بالدقيقة (t _{0.5})
نافثالين	٠,٠٠١٥	٤٣٠٠
أنتراسين	٠,٠٠٣٠	٤٥
بنزين أنتراسين	٠,٠٠٣٣	٣٦
نيتروبنزين	٠,٠٨٩	٣٢
بيرين	٠,٠٠٢٢	٤١
نافثاسين	٠,٠١٣٠	١,٨
داي كلوروبنزين	-	١,٥
معدن فيروميانيد	٠,١٤٠	٢٠
تريفلوران	٠,٠٠٢٠	٢٢
ن- نيتروزأترازين	٠,٣٠	٤,٨

ويمكن أن يلعب الأكسجين الجزيئي دور قاصع للتفاعل ولكن تأثيراته يمكن دراستها في الماء المقطر فناتج الكوانتم غير معتمد على الطول الموجي ، ومن ناحية أخرى فإن قيمة الكوانتم المباشرة المنخفضة في الماء المقطر تكون أكثر إمكانية لإظهار الاعتماد على الطول الموجي وربما تعزى استخدامه في الماء العادي .

معدل الامتصاص النوعي للضوء (K_a) هو مقياس التداخل بين طيف ضوء الشمس أو أي مصدر ضوئي وهناك صفة أخرى أصلية للتفاعل الضوء كيميائي هي الامتصاص الإلكتروني اللطيف .

معدل الامتصاص للنوعي للضوء عند الطول الموجي (λ) : (K_{λ})

$$(A_{\lambda}/I_P) = \epsilon_{\lambda} (K_{\lambda}) \quad ٢,٣٠٣$$

حيث : ϵ_{λ} معامل الامتصاص المولارى عند الطول الموجي λ ويعكس

إمكانية الضوء عند الطول الموجي

$\Sigma \lambda$: الإشعاع الشمسي .

A_{λ} : الامتصاص عند الطول الموجي λ

(P) : تركيز جزيئات المركب السام

I : مسار الضوء

فإذا استمر الإشعاع ثابت وكان تركيز الملوث (P) منخفض فإن الاختلاف في معدل ثابت التحليل الضوئي المباشر بالطول يتبع بفترات من $\Sigma \lambda$ وهو ما يسمى بفعل الطيف للتحليل الضوئي المباشر وهو الامتصاص الإلكتروني الطيفي للمركب ، حيث يفترض أن قيمة :

$$2.3 \Phi_d f \Sigma_{\lambda} \epsilon_{\lambda} d \lambda = K_d$$

عندما يكون التكامل أعلى من Σ_{λ} فإنه يمتص بالمركب والقيمة القصوى لقيمة Φ_d هي ١ ويتبع ذلك إمكانية حساب معدل ثابت التحليل الضوئي بمعرفة الإشعاع الطيفي من المصدر الضوئي والامتصاص الضوئي للمركب ، ويجب الأخذ في الاعتبار أن التفاعل المباشر والسريع يمكن أن يحدث مع المركبات التي تتفاعل بكونهم ضعيفة جدا .

٢- التحليل الضوئي الغير مباشر (Indirect (Sensitized) Photolysis

حيث يمتص الضوء هنا بمادة أخرى في النظام فيعوض الجزيئات السامة والملوثات البيئية تتحلل ضوئيا بسرعة عالية في المياه الطبيعية عن المياه المقطرة ، والبعض الآخر لا تتفاعل ضوئيا على الإطلاق في الماء المقطر

لكنها تتفاعل وتتحلل بالمياه الطبيعية مثل مركب : ٥,٢ - داي ميثيل فيوران (DMF) ، الألدرين والداي سلفون وشرح هذه الظاهرة تتضمن كفاءة تعزي التحليل الضوئي المباشر وتكوين معقدات ووجود عمليات ضوئية غير مباشرة في نفس الوقت .

وقياس هذه العملية معقد خاصة لتركيبية جزئيات المواد الطبيعية (المستشعر الضوئي) والذي يمتص الضوء ويتوسط تفاعل التحليل الضوئي المباشر والتي أمكن تعريفها ، حيث أن عدم معرفتها يجعلها أكثر تعقيدا عند تحديد فعل الطيف على المستشعر الضوئي وتعقيدا آخر هو حقيقة التنوع في العمليات الضوء كيميائية الناتجة لذا فأكثر من عملية يتضمنها تفاعل المستشعر الضوئي كمادة كيميائية ، وهنا يكون :

$$\text{معدل امتصاص الضوء (Ia)} = \varepsilon \lambda s \quad (\text{معامل الامتصاص المولاري للمستشعر}) \Sigma . 2 \quad (\text{الإشعاع الشمسي}) . [S] \quad \text{تركيز المستشعر الضوئي} .$$

حيث يزداد معدل ثابت التفاعل مع زيادة تركيز المستشعر [S] عند بقاء (Σ) ثابتة .

ويختلف التعبير الرياضي عن ناتج الكوانتم لتفاعل المادة المستسكرة من نوع تفاعل غير مباشر لآخر وعموما عندما يخفف تركيز المركب السام (الملوث) بدرجة كبيرة فإن ناتج الكوانتم يتناسب مع تركيز الملوث [p] وثابت هذا التناسب يرجع إلى (C2) :

$$\text{المعدل الكلي} = [P][S] C2 . (\Sigma . 2) \varepsilon \lambda s . 2.3$$

وغالبا ما يكون ثابت تركيز المستشعر معدل من الدرجة الأولى ، ويجب الأخذ في الاعتبار هنا تأثير الضوء المضعف لتصحيح البيانات المتحصل عليها مع المياه الطبيعية .

والإشعاع الشمسي عند عمق Z يساوي تقريبا $\Sigma.(\lambda, z)$ عندما $(\Sigma. \lambda)$ هي الإشعاع الساقط على سطح الماء ومعامل التضعيف للماء عند طول موجي λ هو $K\lambda$ يساوي :

$$\Sigma.(\lambda, z) = \Sigma.(\lambda, 0) e^{-K\lambda z}$$

$$E\lambda z / (\Sigma. \lambda) = \text{جزء الضوء المضعف عند عمق } Z$$

ومتوسط معدل ثابت الاستشعار للتحليل الضوئي $(K\lambda)$ =

$$X\lambda \Sigma.(\lambda, z) = C\lambda \cdot \Sigma. \lambda \cdot z$$

وعندما تقل قيمة $(K\lambda z)$ عن ٠,٢ فإن :

معدل الإشعاع = الإشعاع السطحي $E. \lambda$ وثوابت المعدل أو فترات نصف الحياة والمتناسبة مع هذه الظروف تسمى الأقرب للسطح .

ولتصحیح التضعيف الضوئي فإن معدل الثابت يضرب في $K\lambda z F\lambda^{-1}$ ويعقد الضوء المتبثر عملية الضوء لذا تطرد عينات المياه مركزيا لإزالة الجسيمات العالقة ثم يوضع الترم $X\lambda K\lambda^{-1}$ في مقابل الضوء الموجي ويكون فعل الطيف والإشعاع الشمسي القريب من السطح يحدث عند طول موجي ٤١٠ نانوميتر وفعل الضوء يكون ذو أهمية للمعلومات إمكانية استخدامه في إيصاله بالإشعاع الطيفي لحساب معدل ثوابت التفاعلات الضوئية المستشعرة السابقة :

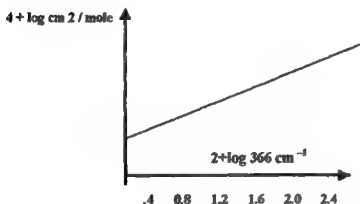
$$E.(\lambda). S_1 d_1 = Ks$$

ويكون فعل الطيف رئيسي للحساب الدقيق للعمق المتعمد عليه تفاعلات الضوء المستشعر لوجود صلة كبيرة للجهد المحتاج إليه للوصول لهذه الأطياف وكنتيجة لهذه الجهود فإن معدل ثوابت التفاعل في ضوء

الشمس المرتبط لـ A-366 ولذا فمعامل الامتصاص للماء يعبر عنه رياضياً
 $2,303$ مرة امتصاص / سم عند 366 نانوميتر .

العلاقة التجريبية بالمعادلة التالية والمشتقة من استخدام طريقة المربعات
 الصغرى الخطية حيث Ko هي ثابت المعدل سم 2 / ميكرو أيشنتين فالإشعاع
 الكلي من $350 - 700$ نانوميتر ، شكل رقم (٢٢-٢) :

$$Ko = 0.67 \text{ لو } a - 201 \quad \text{حيث } m = 3 - 0.93$$



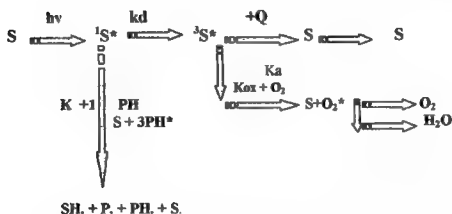
شكل رقم (٢٢-٢) : العلاقة بين معدل الثوابت للمستشعر الضوئي
 الأكسجيني لمركب ٥,٢ - داي ميثيل سلفويوران Ko ،
 ومعامل الامتصاص

ولحساب ثابت المعدل من الدرجة الأولى بالقرب من السطح (Ko)
 بضربها في التخليق الضوئي النشط للضوء (PAL) والمميزة بالميكروايشنتين
 (سم $^{-1}$ ث $^{-1}$) والتحويل من (PAL) بالوات لميكروايشنتين ث $^{-1}$ فإن التكون
 يضرب في عامل التحويل $4,48$ ميكرو أيشنتين سم $^{-1}$ ث $^{-1}$.

والمتوسط السنوي قرب السطح (PAL) للنطاق 40° شمال يكون حوالي
 0.11 ميكروايشنتين سم $^{-1}$ ث $^{-1}$ بالأيام الصافية بمستوى البحر لأن عينات

الماء تطرد مركزيا لترسب العوالق وهو ما قد يرسب المادة العضوية الذائبة (كالهيوميك) والمسئولة عن استسعار الضوء ولكن من الجدير بالذكر أنه طالما أن أغلب عينات المياه تجمع نظيفة وتفاعل الضوء التخليقي يحدث بنفس المعدل في المياه التي تم طردها مركزيا أو لم تطرد مركزيا فإن ذلك لا يؤثر علي النتائج .

وثابت معدل تفاعل (DMF) يمكن استغلالها لقياس تفاعلات التخليق الضوئي لكيماويات أخرى في المياه الطبيعية وأليتها هي كما بالشكل التالي شكل رقم (٢٢-٣) :



شكل رقم (٢٢-٣) : هيكلية تفاعلات التخليق الضوئي

حيث ينخفض تركيز المركب السام الملوث وهي الحالة الغالبة الحدوث بالمياه الطبيعية .

والعبور داخل النظام من $^1S^*$ حيث توضح الجزئي خلال فترة حياة أطول لجزئي في الحالة الثلاثية $^3S^*$ (المستشعر الثلاثي) والمسئول غالبا عن تفاعلات التخليق الضوئي عندما يكون المركب السام منخفض التركيز والاستثناء هو التفاعلات المتضمنة شقوق حرة تتولد وتتسبب من التحليل الضوئي للمواد الطبيعية بالماء ويمكن تنشيط المستشعر الثلاثي $^3S^*$

بمجموعة مختلفة من العمليات والتي غالبا ما تكون تفاعلات لا شعاعية والمؤدية لانتهائه مرة أخرى للحالة الفردية العادية قادمة بالطاقة المتبقلة لجزيي الأكسجين أو المواد الطبيعية بالماء فمعظم الطاقة المتحولة تذهب للأكسجين وطاقة المركز المستقلة في البيئة والناتج من تحول الطاقة للأكسجين (أكسجين في الحالة الفردية O_2^*) يتوسط أكسدة التخليق الضوئي لمركب ٢٠٥-٢-اي ميثيل فيوران (DMF) بالبيئات الطبيعية (حيث يلعب DMF كمستقبل لـ (A) بالرسم السابق وتركيزه (DMF) يكون أقل في هذه التجارب والتي ليس لها تأثير قليل على فترة نصف الحياة S^* ، O_2^* . وتركيزات الحالة الثانية للأكسجين الفردي تتكون ضوء كيماليا بضوء الشمس وتحسب من فترات نصف الحياة لتفاعل المركب (DMF) . ولتوظيف أكسجين الحالة الفردية (O_2^*) والمسحوب من المركب (DMF) فإن معدل التوابت قرب السطح يمكن تقديرها كتفاعلات أكسدة ضوئية مستمرة مختلفة .

بالرغم من أن الحالة الفردية للأكسجين لا تتفاعل بسرعة مع جزيئات السموم كالسليم داينين و السلفوكسيدات والفينولات وبعض الأحماض الأمينية والحلقات العديدة الأروماتية وهي ذات إختيارية عالية وربما تمهل في قبلس الاحتمال القوي المرجح لتفاعلات التخليق الضوئي لأغلب هذه السموم . فتركيز (O_2^*) يمكن استخدامه لحساب تركيز الحالة الثانية للمستشعر في الحالات الثلاثية المثارة والقادرة على نقل الطاقة للأكسجين :

$[3S^*] = [O_2^*] + K_{ox}$ (ثابت المعدل للطاقة المتبقلة من S^* إلى O_2) T_0 (فترة نصف

الحياة للأكسجين) O_2 .

حيث : $K_{ox} / T_0 = 2.5 \times 10^{-9} \text{ م}^{-1} \text{ ث}^{-1}$

$T_0 = 1.0 \times 10^{-10} \text{ ث}$

$[O_2] = 2.5 \times 10^{-4} \text{ م}$ - بالمياه المشبعة هو $2.5 \times 10^{-4} \text{ م}$

$S^* = 0.67 [O_2]$

من المنطق افتراض أن الأكسجين مستقبل منخفض للطاقة فيمكنه استقبال الطاقة من S^* والمتولدة بامتصاص الضوء الأزرق أو الفوق

بنفسجي السابق يمكن اعتبارها كحد أعلى لتركيز الحالة الثانية للمستشعر
المثار الثلاثي والمتاح لأي تفاعلات تخليق ضوئية أخرى :

والحد الأقصى لثابت معدل أي تفاعل $K^* \Phi_1 [S^*]$

حيث K^* : معدل ثابت تتداخل بين $[S^*]$ والملوث عند pH
 Φ_1 : احتمالية أن الناتج من هذا التداخل (1) يتحول لنواتج

وبيانات الحركية المحسوبة من التخليق الضوئي باستعمال الطاقة تخزن
(فصل وإزالة الهيدروجين) وانتقال الإلكترون ، جدول رقم (٢٢-٢)
والحسابات تكون خام لتضمن بعض بيانات الكينيتيكية تكون متاحة لتضمن
بعض هذه العمليات بالمياه ، بالرغم من أن هذه العمليات منخفضة عن
التحليل الضوئي المباشر والمدرسة بالجدول والتي أظهرت أن الطاقة
المنفصلة والإلكترون المتقل ربما تكون بسرعة كافية ، وإزالة الهيدروجين
من المركبات الهيدروكربونية المشبعة تكون بطيئة ، وطالما أن مركبات
مثل الفينول تتفاعل مع $(K^+) < 10^{-1}$ م ث⁻¹ وبالرغم من أن Φ_1 منخفض
لهذا التفاعل فإنه من الثابت أن تكون أكثر سرعة من المثال السابق بالجدول.

جدول رقم (٢٢-٢) : ثوابت معدل قرب السطح لتفاعلات التخليق الضوئي

كتلة المياه	$10^{-13} \times$ المتوسط (a) [S], M	الطاقة المتنقلة Ks ساعة ⁻¹	الهيدروجين المزال Ks ساعة ⁻¹	انقطة الإلكترون (d) Ks ساعة ⁻¹
نهر Aucilla	١٢	٠,١٣	$10^{-1} \times 3$	٣,٩٥
المسيبي	٣,٩	٠,٠٤٢	$10^{-1} \times ٩,٨$	٠,٩٩
(Botom rouge) خليج المكسيك	٢,٩	٠,٠٣١	$10^{-1} \times ٧,٣$	٠,٧٤
نهر كولمبيا	١,٨	٠,٠٢٠	$10^{-1} \times ٤,٥$	٠,٤٩

حيث أن :

(a) : المتوسط السنوي للحالة التآقية لتركيز المستنشر الثلاثي عند نطاق ٤٠^٢ شمال.

(b) : محسوبة بفرض $K+ = 3 \times 10^{-4}$ م^٤ ث^{-١} ، $(\Phi_1) = 0.01$

(c) : محسوبة بافتراض $K+ = 7 \times 10^{-4}$ ، $(\Phi_1) = 0.1$

(d) : محسوبة بافتراض الاختزال الضوئي للبنزوفينون بواسطة بنزل أمين

ولإزالة الهيدروجين من الزيلين بواسطة الاثيوفينون $(K+) = 1.5 \times$

$0.47 = (\Phi_1)$ ، 10

والبيروكسيدات المتكونة بتعرض الماء العذب والمالح لأشعة الشمس أو التي تتكون من تفاعلات أكسجين فردي ومواد طبيعية موجودة أو ربما تتكون من مسارات أخرى تتضمن الإلكترون مهدرات أو شقوق فوق أكسيد فالتحلل الحراري (Thermolysis) والضوء كيمائي لهذه البيروكسيدات يعطي شقوق حرة تبدأ عملية أكسدة الجزئيات العضوية بالماء ، فمركب الكيومين يتأكسد ببطيء بألية الشقوق الحرة بالمياه العذبة المعرضة لضوء الشمس ، أما الأنظمة البحرية فالتحلل الضوئي للزيت بماء التبخير يؤدي لتوليد شقوق حرة عند معدلات قرب السطح تصل إلى 9×10^{-4} م / يوم^{-١} ، لذا أقترح أن الإليكترون المهدرات يتولد بالتحليل الضوئي للمواد الأروماتية في البحر والتي تعود لتكوين شقوق فوق أكسيد أو شقوق كربونات يمكنها أن تلعب دور غير محدد في التحليل الضوئي الغير مباشر للسموم بالبحار .

محاكاة الإشعاع الشمسي الطيفي :

طورت العديد من الطرق لحساب الإشعاع ((٢) E. كدالة للموسم والمنطقة تبعاً لخط العرض وعمق الجسم بالماء والإشعاع الشمسي بالجسم بالماء . فالإشعاع الشمسي لجسم بالماء له صلة بالإشعاع الشامل عند السطح (G) والتي تم حسابها تحت ظروف جوية قياسية ، فالإشعاع الشمسي فوق البنفسجي هو الأهم هنا لأنه يعني مسبب رئيسي لنقص

التفاعلات الضوئية المستشعرة (غير المباشرة) والمباشرة للمسموم والملوثات المائية .

ويتم حساب ثوابت معدل التحلل الضوئي رياضيا بحساب قيم الكثافة للإشعاع فوق البنفسجي بالأيام الصافية ، فقيم الإشعاع الشامل عند السطح (G_0) بالأيام الصافية أمكن تعديلها لأخذ عامل وجود السحب في الاعتبار وما تسببه من نقص كثافة الضوء (F_c) :

$$C \times 0.056^{-1} = F_c$$

حيث C : الكسر بالعشرات للسماء المغطاة بالسحب والذي كان بالعديد من المدن الأمريكية في حدود ٢ .

وتبرز هنا مشكلة عند تتبع تأثير السحب وهي درجة تضعيفها للضوء معتمدة على سمك السحب والتي في نفس الوقت تقلل الإشعاع فوق البنفسجي في حين الضباب بالمناطق العمرانية له دورة بجانب السحب أيضا في تحديد قيمة الإشعاع الشامل عند السطح (G_0) .

وبالتعاقب فإن المركبات الممتصة للأشعة فوق البنفسجية (ب) : [وهي أشعة ذات طول موجي يتراوح بين ٢٨٠ - ٣٢٠ نانوميتر وتؤثر بقوة على امتصاص أوزون الأستراتوسفير وتظهر انخفاض كبير في (PAL) وذلك بزيادة زاوية (Zenith) والتي بالتعاقب الموسمي تنبسط بدرجة أكبر معدل التحلل الضوئي في UVA وهي أطوال الأشعة فوق البنفسجية والمسئولة عنه التخليق الضوئي للأكسجين وهي مناسبة لمعايرة قيمة (K_0) في صورة (PAL) أو في المركبات مع تغيرات فترة نصف الحياة لتفاعلات التخليق الضوئي لمركب سام في أشعة الشمس فعلى سبيل المثال مذبذب الأسيتون يمتص ضوء الشمس بقوة في المدى (UVB) ، وعليه فتوابت معدل التحلل الضوئي للمركبات التي تمتص الإشعاع (UVB) يحدث فيها تغيرات يوم بعد يوم للفقاريات نتيجة التنبذبات في سمك طبقة الأوزون . ويستخدم لحساب الإشعاع الشمسي على سطح أفقي لأن الامتصاص المولاري يعكس احتمالات امتصاص الفوتون وقيم الإشعاع المستخدم في حساب معدلات التمثيل الضوئي المعبر عنها بالفوتونات : ($E_{\text{Einsteins}}$ / المساحة) والوقت

الإشعاعي الشامل عند السطح لاتعكسه ولتحويل الإشعاع الأفقي لضوء كيميائي مناسب وعليه فدالة التوزيع ($D\lambda$) قرب سطح جسم الماء تقارب نسبة متوسط مسار الضوء للعمق لإشعاع سطحي :

$$(R\lambda \cdot 1.2 + 0) \cdot (R\lambda + 1) = D\lambda$$

حيث :

$R\lambda$: نسبة الانتشار للإشعاع المباشر

θ : زاوية الانعكاس للإشعاع المباشر (ضوء الشمس)

وتزداد نسبة الانتشار للإشعاع المباشر $R\lambda$ بنقص الطول الموجي و الإشعاع العرضي للمنطقة ، أما دالة التوزيع $D\lambda$ فغالبا ما تكون منخفضة في الأجسام المائية عن الهواء نتيجة تأثير الإيزاء (Collimating) لاتعكسه أشعة الشمس تحت سطح الماء ونظريا فقيم دالة التوزيع للأشعة فوق البنفسجية قرب السطح والضوء الأزرق في الأجسام المائية الراقية تساوى ١,٣ أو أقل كذلك فقيم دالة التوزيع للضوء فوق البنفسجي كبيرة بالمياه الطبيعية العكرة ذات التركيز العالي للعوالق .

وعملية التبخير بالمواد العالقة يجعل الضوء أكثر انتشارا وهو ما يعضد دالة التوزيع فإذا كانت الجسيمات العالقة لا تمتص الأشعة فوق بنفسجية فبإن معدلات التحلل الضوئي يمكن أن تعزز المعلقة عند مقارنتها بمحاليل الماء المقطر .

باستخدام قيم الإشعاع الشمسي $\{E_0(\lambda)\}$ فإن ثوابت معدل التحليل الضوئي يمكن حسابها لعدة أماكن وأزمنة مختلفة (مناخ التحليل الضوئي) ، وحساب ثوابت المعدل وهنا تكون وفترات نصف الحياة جيدة لتتبع معدلات التحلل تحت أشعة الشمس .

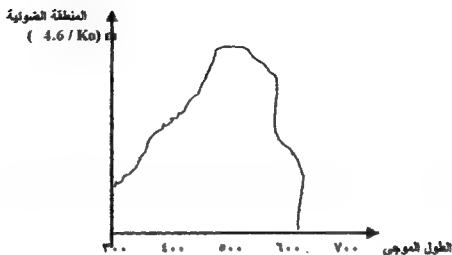
تضعيف الضوء (Light attenuation) في البيئات المائية الطبيعية :

يحدث تضعيف للشعاع الشمسي فوق البنفسجي المنتقل خلال المياه الطبيعية نتيجة امتصاصه أو بعثرته (Scattering) حيث يكون معظم التبعثر في اتجاه الأمام وهنا يتم حساب معامل تضعيف الشعاع الضوئي (C) نتيجة الانتشار على أعماق مختلفة من جسم الماء .

فالإشعاع عند عمق Z هو $\{E_0(\lambda)\}$ وهي تقريبا $E_0(\lambda) \cdot e^{-K \lambda Z}$ هي الإشعاع السطحي وفي الوسط الغير متجانس عادة ما تكون $K \lambda$ صغيرة وأصغر من معامل تضعيف الشعاع الضوئي (C) لأن الإشعاع يقاس في جسم الماء متضمنا للتبعثر الأمامي وجسم الماء الرائق فإن معامل تضعيف الشعاع الضوئي (C) تساوي نظريا أو أقل بسيطاً عن $K \lambda$ وبمقارنة قيم C ، $K \lambda$ لمياه المحيط النظيفة في منطقة الطيف فوق البنفسجي والتي وصلت لقيم C وعلى النقيض المتوقع فتكونها كبير .

ويعطي معامل التضعيف أحسن مقياس لنفاذية الأشعة فوق البنفسجية خلال المياه العكرة والنظيفة الطبيعية ، فمن السهل رؤية $K \lambda$ بلغة منطقة الفوتونية $K \lambda = 4,6$ فصورة المنطقة لمياه محيط مفتوح عند أطول موجبة تظهر كما بالصورة التالية والتي تعتبر أعماق للإشعاع فوق البنفسجي عما كان متوقع والمتراوح بين ٣٠ م للإشعاع (UVB) والأقرب ما يكون إلى ١٠٠ م للأطوال الموجبة للنطاق (UVA) وعليه فالصورة الضوئية فوق البنفسجية تكون ٢٠-٦٠% أعماق من عمق النفاذية للإشعاع الشمسي خلال المحيط المفتوح ، شكل رقم (٢٢-٤) .

والمنحنيات التالية تلائم معظم المياه الطبيعية على الأرض فالمناطق الشاملة للأرض ومناطق (Upwelling) في المحيط أكثر إنتاجية (خصوصية) بسبب الكائنات الحية الممتصة للضوء ، فضوء الشمس لا يخترق الطبقات الأكثر عمقا في هذه المياه ولأي مساحة ما فإن تكبير ($K \lambda$) من ٣٥٠ إلى ٧٠٠ ناتو متر يمكن حسابه تقريبا ، الشكل التالي يشرح الأبعاد المعتمدة على

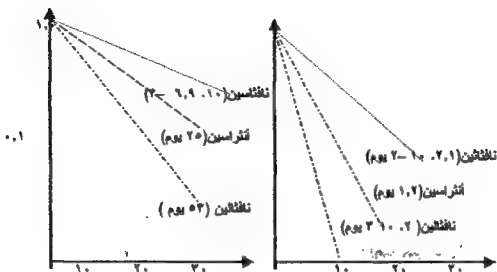


شكل رقم (٢٢-٤) : الصورة الضوئية لمياه محيط مفتوحة كدالة للأطوال الموجية

التحليل الضوئي المباشر لثلاثة مركبات أروماتية في نوعين من مياه البحر فكانت فترة نصف الحياة للتحلل الضوئي كمتوسط للوقت والعمق (< 35 متر) موجود بين الأقواس .

وتشير البيانات بأن الاختلاف الكبير في العمق من ملوث إلى آخر ورغم تضعيف الضوء يحدث له تحليل ضوئي ضعيف ، ولكن كان سريعاً لبعض المركبات على أعماق كثيرة مثل النافثامين لقرب السطح فالنافثامين يمتص بقوة في منطقة الطيف الأزرق بينما ماء البحر يكون شفاف منفذ ، شكل رقم (٢٢-٦) .

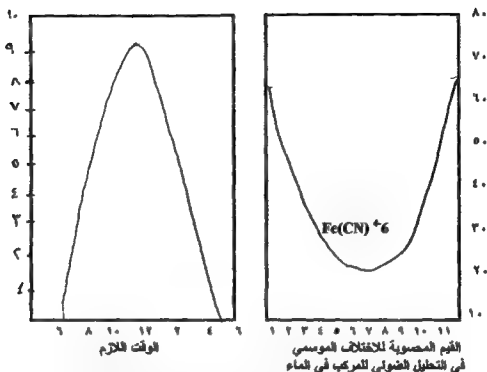
وتضعيف الضوء فوق البنفسجي في المياه المحلية (In Land) يكون أكبر عما في داخل المحيط ، وفي هذا الصدد يستخدم مقياس روبرتسون (Robertson) الغاطس (Submersible Robertson meter) لقياس الطيف (erythema) كمتوسط متخصص للطول الموجي ٣١٢ نانومتر لزاوية زينيث (Zenith) وطبقة الأوزون بمسك ٠,٣٢ سم .



شكل رقم (٢٢-٥): الاعماق الممثلة والمعتمدة على التحليل الضوئي المباشر
 لعدة مركبات أروماتية خلال الصيف بخليج المكسيك
 A: منتصف الخليج B: الماء الشامل بالقرب من Tompoz

وفي معظم المياه الطبيعية فإن تضعيف الضوء يزداد بنقص الطول
 الموجي المدى ٣٠٠-٥٠٠ نانوميتر وصورة المنطقة للإشعاع فوق البنفسجي
 (UVB) والتي تمثل الحد الأدنى والملائم للملوثات المائية .

كذلك فالمزج أو الخلط الرأسي (Vertical mixing) له تأثير على كمية
 الضوء التي يستقبلها جزيء الملوث ، فكلما كانت الكتلة الماء مختلطة تماما
 فإن عملية التحليل الضوئي والتطاير يكون أسرع ، وعموما فالخلط الرأسي
 يكون بطيء في البحيرات والمحيطات عن الأنهار فخلال فترات الدفء فإن
 البحيرات والبحار يتطور بها طبقات انتشار تسمى طبقات الترموكلين
 (Thermoclines) والتي خلالها يكون الخلط بطيء ففي البحيرات يكون الخلط
 أقل كثيرا أسفل طبقات الترموكلين (Thermoclines) وطبقة الهيبوليمون مقارنة
 بمنطقة الإبيليمون وغالبا ما تختل جزيئات الملوثات البحيرات والمحيطات



شكل رقم (٢٢-٦) : دراسة نقص تحول سيانيد الحديد لسيانيد الهيدروجين تحت أشعة الشمس حسب اختلاف الموسم والوقت من اليوم

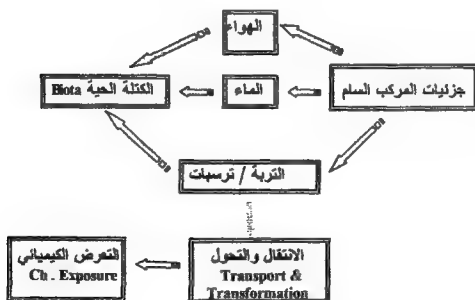
ويمكن إزالة الملوثات الهيدروفوبية لأبعد الحدود من المنطقة الفوتوزونية (Photozone) بامتصاصها بالكائنات الحية الدقيقة أو الميتة أو بترسبات عالقة تهبط لأسفل فهذه المنطقة غالبا ما تكون ضحلة (Shallower) عن طبقة الترموكلين (Thermoclines) وعليه فيمجرد انتقال الجزيئات السامة أسفل الترموكلين يتم تحليله ببطيء خاصة إذا ما بقيت أجسام الماء في طبقات (Stratified) أي مصففة ومختلطة علويا .

ويتطور الموقف حيث تتركز جزيئات الملوث السام المنشطة ضوئيا منخفضة في منطقة الإبيليمنون (Epilimmon) بالبحيرات عن منطقة الهيبوليمنون وهنا تنفذ المادة خلال طبقة الإبيليمنون كذلك يمكن وأن يحدث التطاير خفض في التركيز في طبقة الإبيليمنون لأعماق أكثر نسبيا .

ويعتمد الخلط الرأسي في الطبقات المختلفة بمحيط أو بحيرة على سرعة الرياح بالسطح فزيادتها عن ٥ م / ث تؤدي لدوائر لاتجمير (Langmuir circulations) وبالتالي سرعة الخلط الرأسي لأسفل لأرضية الانتشار أي الترموكلين ٠ فمتوسط الرياح (Skalar) للمحيطات العالية تكون ٧.٧ م / ث (أي ١٥ عقدة حيث أن العقدة ٠.٦٤ م/ث) وهو ما يشير بأن الطبقة العلوية للمحيط ستكون مختلطة تماما .

التطاير والتحلل الضوئي للغلاف الجوي (Volatilization & Atmospheric photolysis)

تعد ظاهرة التطاير عملية هامة لاختفاء الملوثات المائية والتي تتبع بعد ذلك بتحويلات ضوء كيميائية في الجو كما بالشكل التالي رقم (٧-٢٢) :



شكل رقم (٧-٢٢) : التحويلات الضوء كيميائية للملوثات بالجو

وهذا المسار غالبا ما يكون هام لجزيئات السموم الهيدروفيلية ذات الضغط البخاري (Vapor pressure) العالي كالبنزين والفينيل كلوريد ويعد معدل الخطوة المحددة للتطاير هي الخلط الرأسي في بعض البحيرات وهو ما يظهر في حالة تتراكلور ايثين كذلك بعض المواد المتطايرة في البحيرات كما في زيورخ.

وعموما فالجزيئات السامة التي لها ميل كبير لامتصاص على الترسبات العالقة والقاعية ينخفض معدل تطايرها فطالما أن جزيئات هذه الملوث تبخرت فإنه يحدث لها امتصاص شديد بالجسيمات الجوية العالقة . وتأثير الامتصاص على معدلات التحلل الضوئي في الجو غير واضحة فالباراثيون (Parathion) يتحلل ضوئيا بسرعة علي الأتربة والغبار عما في الحالة البخارية ومن جانب آخر فإن التحلل الضوئي للمركبات الاروماتية عديدة الحلقات (Polycyclic aromatics) والملتصبة على تراب (fly ash) يكون بطيء وهذه النتيجة لا تنعكس مع بيانات فترة نصف الحياة ولكون الماء وسط تفاعل قطبي فإن الاحتمال هو عمليات ضوئية كيميائية كالتأين الضوئي (Photoionization) أو بالتفاعل النيوكلويوفيلي الضوئي والتي تحدث في الماء لا تحدث على أسطح رماد جسم الغراب ولذا فكفاية كوانتم التفاعل لبعض الجزيئات الملوثة الممكن تصويره يمكن أن يكون أكبر في الماء عن الهواء .

قياس التحلل الضوئي في البيئات المائية

(Assessing Photolysis in Aqueous Environmental)

وهنا توجه المناقشة للعوامل المؤثرة على معدلات التحلل الضوئي وقياس دور التحلل الضوئي في البيئات المائية والتي تحتاج مقارنة معدلات التحلل الضوئي مع البيانات الكينيتيكية والمتضمنة لعمليات انتقال وتحولات ويلاحظ أن البيانات الكمية والتي تتضمن التحلل المائي والعمليات الحرارية تكون متاحة ولكن بيانات التحولات الحيوية غالبا ما تكون غير موجودة أما بيانات التحلل الضوئي فيتم أخذ متوسطاتها في الليل والنهار لسنة كاملة عند خط عرض ٤٠° بالرغم من أن قيم قرب السطح ظهر بها تأثيرات تضعيف الضوء .

ويلاحظ :

أ- أن التحلل الحيوي والتطهير هما آكوي عمليتين يمكن أن تحدث للمركبات الأروماتية عديدة الحلقات (نافثالين - أنثراسين - تترانثراسين - بنزوبيرين) في البرك (Eutrophic bond) ولكن بالأنهار (Revering) فإن التطهير والتصدير هما العاملين السائدين ، حيث كانت عملية التحلل الضوئي (لثلاثة مسن المركبات الأروماتية السابقة) أهم عملية سواء في البرك أو النهر .

ب- فترات نصف الحياة لأعمدة المياه تزداد بقوة مع الوزن الجزيئي للجزيئات الأروماتية والزيادة تعزي أساسا لزيادة الميل لهذه المركبات للامتصاص في الترسبات ويلاحظ أنها تكون غير نشطة ضوئيا عندما تمتص بالترسبات العالقة والتي تؤثر على فترات نصف الحياة المحسوبة للجزيئات ذات الوزن الجزيئي العالي فإذا تحلل البنزوبيرين ضوئيا عند نفس المعدل .

ج- الأنهار التي تتظف نفسها (Self cleans themselves) بواسطة (water borne export) والتحلل الضوئي بها أكثر نشاطا عن البرك أو كتلة المياه الغير مخفوقة الأخرى (Impounded) والتصدير يكون فعال فالتحلل الضوئي يؤدي لتأثير قليل على نقص فترات نصف الحياة ، في حين التحلل الضوئي يقلل التركيز والمسافة عند ٥٠ كم .

د- أما الأنهار الميكروبي فهي عملية معنوية أثرت فيهم جميعا خاصة الانثراسين .

كيفية أخذ وإعداد وتجهيز واستخلاص وتنقية عينات مائية ملوثة بالسموم
(Sampling, Composting, Preparing, Extracting, & Clean up of Water Samples)

تؤخذ أحجام العينات الماء تبعاً لدرجة ومدى تلوثها بالسموم سواء من مياه الأنهار والبحيرات العذبة والمالحة أو من مياه الآبار والمحيطات أو البحار .

وبالنسبة لعينة مياه الشرب (Drinking Water) سواء أكانت مأخوذة من شبكة مواسير المياه أو من مياه الآبار فتؤخذ مباشرة عدة عينات وتخلط معا لتكوين العينة المركبة (Composting Sample) ثم تؤخذ منها فيما بعد عينة مقدارها ٢ لتر للتحليل .

أما بالنسبة للعينات المأخوذة من الأنهار فتؤخذ من عدة مواقع مختلفة خاصة عند الانشعاقات الموجودة بمسار النهر أو بالقرب من المناطق السكنية وعند المصب وعلى أعماق مختلفة مستخدماً في ذلك معدات أخذ العينات (Water samplers) ثم تخلط جيداً لتكوين العينة المركبة (Composite sample) ثم تؤخذ بعد ذلك عينة التحليل .

وتستخدم وحدة (Kemmerer) لأخذ العينات من البحار و الأنهار والبحيرات من أعماق مختلفة وهو عبارة عن زجاجة يتم ربطها وتثبيتها جيداً بحبل وبنهايته لأسفل يتصل الحبل بثقل حتى لا يلعب بها تيار الماء وفي نفس الوقت يجنب لأسفل للعمق المطلوب كما يثبت غطاءها المصنفر بحبل ويثبت الاثنين معا بمصا طويلة (ماسورة) للتحكم في العمق وبعد إنزال الزجاجة في العمق يتم سحب الحبل المرتبط بالغطاء فيفتتح وتملئ الزجاجة بالماء ثم يتم ضغط الغطاء لثقلها مرة ثانية أو قد تستخدم وحدة (Esmarch sampler) كذلك توجد وحدات أوتوماتيكية تستخدم مع مياه المجاري المائية المتدفقة (Flowing rivers & Streams) صممت بحيث تجمع عينة الماء المتدفق سريعاً تبعاً لدرجة تدفقه مع الوقت كذلك قد تستخدم أجهزة الكروماتوجراف (Chromatographic columns) والمعيار بفحم منشط (Activated charcoal) كوحدة أخذ العينات المستمرة (Continuous sampler) والذي

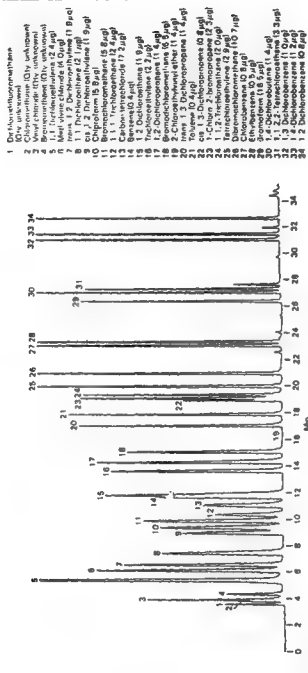
يتمص جزئيات السموم من الماء باستمرار حركتها عليه خلال زمن محدد ويجب أن ترشح العينة قبل إجراء عملية الاستخلاص (Extraction) وذلك لفصل المواد العالقة أو الجسيمات أو الأجزاء النباتية .

أما بالنسبة لأخذ عينات مياه البالوعات (Waste effluent) فيجب ألا يقل حجمها عن ٢ لتر من العينة المركبة والمأخوذة من أماكن مختلفة وأعماق متفاوتة و أوقات مختلفة (الصباح - الظهر - المساء) لاختلاف نوعية كل منهم خاصة مع وقت الأنشطة البشرية ويجب ترشيحها قبل استخلاصها لإزالة الجسيمات العالقة بها كما يجب مراعاة عامل وقت أخذ العينة لأهميته بالنسبة لجزئيات السموم سهلة الانهيار وتستخدم وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) في تحليل المكونات العضوية في مياه الصرف (Waste Water) جهاز كروماتوجرافي الغازي أو كروماتوجرافي الغازي - مطياف الكتلة Gas Liquid chromatography - Mass Spectra والمجهز بأعمدة معينة مثل :

- العمود 1240-1%SP على المادة المدعمة (Supel coprot) وثم فصل اثني عشر ملوث عضوي مختلفة عليه شكل رقم (٢٢-٨) .
- العمود 2250-3%SP على نفس المادة المدعمة (Supel coprot) حيث تم فصل أربعة وثلاثون ملوث عضوي مختلفة غير متطايرة قاعدية ومتعادلة شكل رقم (٢٢-٩) .
- العمود 1000-1%SP على المادة المدعمة (Carbopack) وثم فصل اثني ثلاثون ملوث عضوي مختلف شكل رقم (٢٢-١٠) .
- العمود 5-SPB على السيليكا المنصهرة (Fusod Silica) والذي استخدم في فصل سبعة وخمسون ملوث عضوي مختلف شكل رقم (٢٢-١١) وهي مركبات ملوثة متطايرة .

قد تخزن العينات بعض الوقت لحين نقلها للمعمل وتحليلها وهنا يجب أن تراعى تخزين العينات المحتوية على جزئيات السموم الهيدروكربونية العضوية المحتوية على هالوجينات حتى بدء عمليات التحليل على درجة ٢-٤ °م بدون حدوث إنهار لمبقياتها أما جزئيات السموم الفوسفورية العضوية أو جزئيات السموم الكرباماتية العضوية يجب أن تحفظ على درجة التجمد ولمدة لا تزيد عن ٤ أيام لانهارها السريع خاصة من خلال عمليات التحليل

Volatile Priority Pollutants

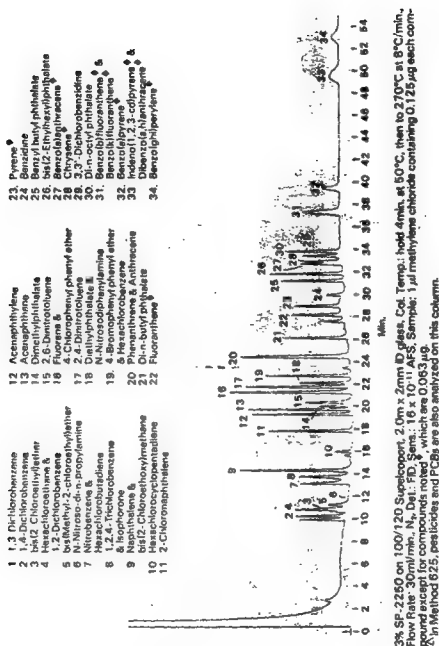


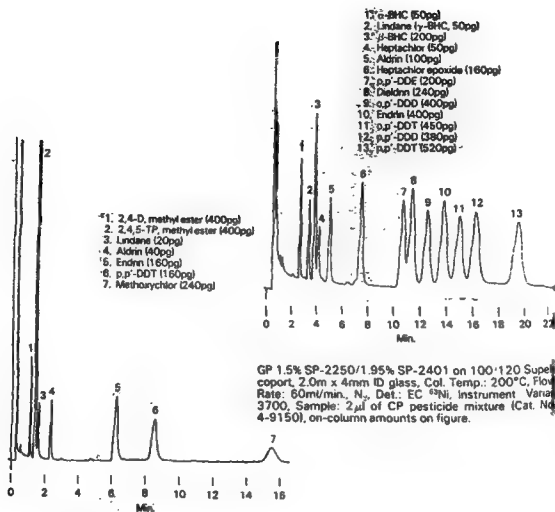
- 1 Dichloromethane
- 2 Chloroethane (Qty unknown)
- 3 Bromoethane (Qty unknown)
- 4 Bromochloroethane (Qty unknown)
- 5 1,1-Tetrachloroethane (2.4 µg)
- 6 1,1,1-Trichloroethane (1.1 µg)
- 7 1,1,2-Trichloroethane (1.1 µg)
- 8 1,1,2,2-Tetrachloroethane (1.1 µg)
- 9 cis-1,2-Dichloroethane (1.1 µg)
- 10 trans-1,2-Dichloroethane (1.1 µg)
- 11 Bromochloromethane (1.1 µg)
- 12 Carbon tetrachloride (1.1 µg)
- 13 1,1,1-Trichloroethane (1.1 µg)
- 14 1,1,2-Trichloroethane (1.1 µg)
- 15 1,1,2,2-Tetrachloroethane (1.1 µg)
- 16 Trichloroethene (1.1 µg)
- 17 1,1,2-Trichloroethane (1.1 µg)
- 18 1,1,2,2-Tetrachloroethane (1.1 µg)
- 19 2-Chloro-1,1,2-trifluoroethane (1.1 µg)
- 20 trans-1,3-Dichloropropane (1.1 µg)
- 21 cis-1,3-Dichloropropane (1.1 µg)
- 22 1,2-Dichloropropane (1.1 µg)
- 23 1,2,3-Trichloropropane (1.1 µg)
- 24 1,2,3-Trichloropropane (1.1 µg)
- 25 1,2,3-Trichloropropane (1.1 µg)
- 26 1,2,3-Trichloropropane (1.1 µg)
- 27 Chlorobenzene (1.1 µg)
- 28 Bromobenzene (1.1 µg)
- 29 1,4-Dichlorobenzene (1.1 µg)
- 30 1,4-Dichlorobenzene (1.1 µg)
- 31 1,4-Dichlorobenzene (1.1 µg)
- 32 1,4-Dichlorobenzene (1.1 µg)
- 33 1,4-Dichlorobenzene (1.1 µg)
- 34 1,4-Dichlorobenzene (1.1 µg)

VOCs: wide bore capillary column, 60m x 0.25mm ID, 1.5µm film, Col. Temp: hold 8 min at 30°C, then to 170°C at 4°C/min, Inj. Temp: 200°C, Det. Temp: 250°C, Flow Rate: 1.0ml/min, He, Det. FID, Sens: 128 x 10¹¹ AFS, Sample: 0.3µl n-dodecane, approximate on-column quantities on figure, direct transfer from a purge and trap device

شكل رقم (٢٢-٨): منحنيات فصل الملوثات المتطايرة والظروف المناسبة للتشغيل

شكل رقم (٢٢-٩): منجنبات فصل مواد وملوثات غير متطايرة وظروف الفصل المناسبة





1.5% SP-2250/1.95% SP-2401 on 100/120 Supelcoport, 2.0m x 4mm ID glass, Col. Temp.: 210°C Flow Rate: 60ml/min, N₂, Det.: ECD, Sens.: 64 x 10⁻¹⁰ AFS, Sample: 1 μl of Cat. No. 4-9145, on-column amounts on figure.

شكل رقم (٢٢-١٠): منحنيات فصل لبعض المبيدات الحشرية ومبيدات الحشائش والظروف المناسبة للتشغيل

المائي (Hydrolysis) وبأوعية معتمة لتأثيرها بالضوء ومحكمة القفل لتطابق بعضها أما بعد استخلاصها فيمكن حفظها لمدة ٣-٤ أسبوع وعلى درجة ١٥-٢٠° م جدول رقم (٢٢-٣) .

يتم أخذ عينة قدرها ٤ لتر من العينة المركبة والممثلة للمصدر المراد فحصه وتوضع بقمع فصل سعة ٢ لتر ثم يضاف إليها ١٠٠ ملل من مطوّل ١٥% ميثلين كلوريد في الهكسان وتغلق وتترج بشدة لدقيقتين ثم تترك ١٥ ثانية ويفتح الغطاء للسماح بتسريب الضغط البخاري للمذيب والسماح بانفصال الطبقتين وتسرب الطبقة المائية (المظلمة) لقمع ثاني ويكرر ما سبق مرتين أخريين ثم تجمع طبقات الميثلين كلوريد في الهكسان الثلاثة وتجفف من آثار الماء بامرارها على عمود كيريتات صوديوم لا مائية ويستقبل المحلول من أسفل العمود في وحدة كيودرنا دانيش (Kuderna danish) يثبت عليها عمود سيندر ذو الثلاث كرات (3-ball Snyder column) الخاص بوحدة التركيز ثم توضع بحمام مائي لتركيز المستخلص حتى ٥ ملل (حتى لا يحدث فقد في جزيئات المركب السام المستخلص كما يجب الرج باستمرار وهي في الحمام حتى لا يحدث تسخين زائد (Super heating) كما يجب ملاحظة معدل تصاعد أبخرة المذيب من فوهة عمود سيندر فلا يجب وأن تنفث بقوة (Exepled) وهنا يجب حساب معدل الاسترجاع جدول رقم (٢٢-٤) ثم تنقل محتويات الوحدة كميًا لتنتقيتها باستخدام عمود فلورسيل (٦٠-١٠٠ أمش ومنشط على درجة ١٣٠° م + ١° م/ ١٦ ساعة حيث يتم تهينته بتبليبله (Conditioning) بالبتروليم إيثر (غير قطبي) وقبل انحساره عن سطح طبقة كيريتات الصوديوم اللامائية بعمود الفلورسيل يضاف مخلوط الإزاحة الأول ٦% كحول داي إيثيل إيثر في البتروليم إيثر (والمحتوى على ٢% كحول إيثانول كمادة مثبتة تمنع تكوين البيروكسيدات المؤكسدة لجزيئات السموم) وقبل انحساره عن طبقة كيريتات الصوديوم اللامائية يضاف مخلوط الإزاحة الثاني (١٥% داي إيثيل إيثر) . وهكذا مع مخلوط الإزاحة الثالث ٥٠% حيث يستقبل راشح كل مخلوط في وحدة كيودرنا دانيش (لتعريف جزيئات السموم بكل مخلوط إزاحة لاختلافها في درجة القطبية) وتخرج إلى ٠,٥ ملل كما سبق لتحليلها بجهاز كروماتوجرافي الغازي (السائل Gas liquid

**جدول رقم (٢٢-٣) : مدى ثبات السموم الهيدروكربونية العضوية
الكلورونية والفوسفورية والكراماتية ومعدل الاسترجاع
كل منها على فترات مختلفة**

٪ لمعدل الاسترجاع (التراكيل ١٠ ميكروجرام)					المركب
٠.٠	١	٢	٤	٨	
اسبوع	اسبوع	اسبوع	اسبوع	اسبوع	
١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	<u>مركبات ثابتة</u>
١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	دلتا
١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	ديلدرين
١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	هنتاكلور
١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	هنتاكلورايوكسيد
١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	كترين
١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	ددا ١
١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	دززين هكساكلوريد
١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	أزوبلزين
١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	<u>مركبات متوسطة الثبات</u>
١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	كلوردين
٥٠	٧٥	٨٥	١٠٠	١٠٠	داي ميثوت
٥٠	٥٠	٨٥	٩٠	١٠٠	ديفون
-	٥	٣٠	٥٠	١٠٠	إيثيل بارثيون
-	٤٠	٤٠	١٠٠	١٠٠	لدرين
-	-	١٠	٥٠	١٠٠	<u>مركبات منخفضة الثبات</u>
-	-	١٠	٦٠	١٠٠	فتيون
-	-	١٠	٦٠	١٠٠	ميتايل
-	١٠	٣٠	٥٠	١٠٠	بايجون
-	-	١٠	٢٥	١٠٠	مالاثيون
-	-	٥	٣٠	١٠٠	أندوسلفان
-	-	١٠	٢٥	١٠٠	تيلودرين
-	-	١٠	٢٥	٨٠	ميثيل بارثيون
-	-	٣٠	٦٠	٨٠	فنيرون
-	-	٣٠	٤٠	٨٠	مونثيون
-	-	١٠	٢٥	٩٠	تراثيون
-	-	-	٥	٩٠	سيفين
-	-	-	١٥	١٠٠	ذكتورن
-	-	-	-	٩٠	ميرزول

Chromatography) والمزود بكاشف (Detector) يختلف نوعه تبعاً لنوعية المركب أو المركب أو مجموعة المركبات المراد فصلها وتقديرها .

والجنول رقم (٢٢-٤): يبين نموذج الإزاحة لعمود الفلورسيل باستخدام مخاليط الإزاحة السابقة .

المركبات التي تم إزاحتها من عمود الفلورسيل باستخدام مخلوط الإزاحة		
الأول (I) Z	الثاني (II) Z10	الثالث (III) Z50
α, β, γ - بنزين هيكسكلوريد ، o-p ددا ، ددد هيكسكلور ، هيكسكلورايبيوكسيد ، ديكوفول ، تراي كلوربنزين ، فينيلينون ، إيثيون أندرين كحولي ، ديلدرين ، فوريت ، إيثيل بروموفوس ، لينتوفوس ، رونيل ، كاريوفينيلون ، كلوروبوفينون ، استروبان ، ميتوكسي كلور ، إيزودرين ، كلورودان دای فونات ، Balan PCNP ، توكسافين ، دای سلفوتون ، تراي فلورالين ، perthane كلوروينزيد ، phenacepton	كلورديك كلوربنزيلات دای كلوران ، ديلان ، اندوسلفان ، فنتيون ، ديكوفول ، لوفكس ، إيثيون ، اندرين (كحولي - الدهيدى) ، Folpet ، ديلدرين أراميت ، إيثانزين ، بيولان ، يبرولان ، كلوروبروفام ٢ ، ٤ ، ٥ ، ٢ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ديازنيون ، ديكافون ، EPN ، دای كلور بينيل ، اندرين ، نيتروفين ، إيثيل بارثيون	كلورديك كلوروبنزيلات ، دای كلسوران ، ديلان اندوسلفان ، تيسلفان سلفات ، إيثيون ، اندرين (كحولي الدهيدى) فوليت ، إيثانزين - سيمارين ، ميثيل وإيثيل أرينفوس ، فوزالون ، DEF ، مالاينون ، بروبانين ، بروميترين ، سلفينون

طريقة : Thompson :

- ١- تؤخذ عينة مياه بحجم ٥٠٠-٢٠٠٠ ملل في قمع فصل ٢ لتر (وكلمًا زاد حجم العينة زاد حجم ميثيلين كلوريد المضاف) ويضاف إليها ١٠ جم كبريتات صوديوم لا مائية و ٥٠ ملل ميثيلين كلوريد وترج بشدة / ٢ دقيقة ثم تترك ١٥ ثانية ويفتح الغطاء بحذر لتسرب الضغط البخاري للمذيب ثم يثبت القمع للسماح بانفصال الطبقات ولتفادي تعجن كبريتات الصوديوم اللامائية بالقمع كما يجب الرج بشدة باستمرار .
- ٢- يجهاز عمود (Chroma flex) بطول ٣٠٠ ملل وقطر داخلي ٢٥ ملل بقاعدة مسحوبة مع سدادة من الصوف الزجاجي ثم تعبأ بطبقة كبريتات الصوديوم لا مائية بارتفاع ٥ سم ويثبت أسفله أنبوبة تركيز ١٠ ملل ويثبت بها دورق ٥٠٠ ملل ويوضع كسر زجاج أو كربوراندسم لمنع الفوران ثم تسكب العينة السفلي خلال قمع الفصل الثاني سعة ٢ لتر بينما تمرر الطبقة العلوية (الميثيلين كلوريد) خلال العمود لتجفيفها ومنه إلى أنبوبة التركيز لوحدة الكيودرنا دانيش .
- ٣- تضاف لقمع الفصل الثاني ٥٠ ملل ميثيلين كلوريد ويكرر ما سبق حيث تمرر الطبقة المائية السفلية لقمع الفصل الثالث ويضاف إليها ٥٠ ملل ميثيلين كلوريد كما سبق في حين تمرر الطبقة العلوية الثانية لأنبوب التركيز بوحدة كيودرنا دانيش وهكذا حتى يتم تجميع الطبقات العلوية الثلاث في وحدة الكيودرنا دانيش .
- ٤- يتم توصيل دورق الكيودرنا بجهاز تبخير دائري (Rotary evaporator) مثبتة بميل ٢٠ م عن الرأس وتضبط درجة الحرارة على ٣٥ م ويتم التبخير حتى ٤ ملل وهنا يزال الدورق من الحمام وتغسل جدرانه بواسطة ٤ ملل هكسان ثم تتركز بتيار غاز نيتروجين حتى ٠,٥ ملل .
- ٥- يتم تنقية المستخلص المركز بعمود سيليكاجيل الذي يعبأ حتى ارتفاع ١٠ سم سيليكاجيل منشطة ثم توضع طبقة بارتفاع ٣ سم كبريتات صوديوم لا مائية .

٦- ويبلل العمود (Prewetting) بواسطة ١٠ ملل هكسان وقيل انحسارها عن سطح طبقة كبريتات الصوديوم اللامائية يثبت أسفل العمود أنبوبة طرد مركزي سعة ١٥ ملل ثم ينقل المستخلص المركز كميًا بماصة للعمود.

٧- قيل انحسار طبقة الهكسان عن سطح طبقة كبريتات الصوديوم اللامائية ترفع أنبوبة الطرد المركزي وتوضع أنبوبة ثانية (II) ثم يزاح عمود السيليكا بواسطة ١٥ ملل بنزين وهكسان (٤٠-٦٠) وتعد هي القطفة الثانية (Fraction II) .

٨- يتم وضع أنبوبة طرد مركزي ثالثة III ورابعة وتزاح الثالثة بواسطة ١٥ ملل أسيتونتريل في البنزين (٥-٩٥) بينما تزاح القطفة الرابعة بواسطة ١٥ ملل أسيتون وميثيلين كلوريد (٢٥-٧٥) حيث تحوى على المركبات الأكثر قطبية ومشتقاتها .

٩- تبخر المستخلصات الأربعة بتيار النتروجين على حرارة المعمل ويتم تركيز القطفة الأولى I ، الثانية II ، حجم ٢ ملل ثم تغسل جوانب الأنبوب بواسطة ١,٥ ملل هكسان ويتبخر حتى ١٥ ملل ، أما القطفة الثالثة III والرابعة فيتم تبخيرها حتى ٥ ملل و تغسل جوانب الأنبوب بالهكسان حتى حجم ٥ ملل جنول رقم (٢٢-٥) .

١٠- تحلل القطفة II ، III بالكروماتوجرافى الغازي بكاشف الذهب الضوئي (FPD) لتوقع احتوائها على الهيدروكربونات العضوية الفوسفورية أو المحتوية على فوسفور والكبريت أو الكرياماتية والشكل التالي رقم (٢٢-١١) يوضح فصل بعض الملوثات الفينولية الحامضية والنيتروز أمينات القاعدية والهيدروكربونات العضوية المكلورة .

١١- ولاشتقاق المركبات الكرياماتية بالقطفتين II ، III يضاف ٪ ملسل محلول ٢ ، ٤- داي نيتروفينيل ايثر بالأسيتون ١٪ ثم ٥ ملل منظم بورات الصوديوم ٠,١ مول (Na₂B₄O₇) ودرجة pH ٩,٤ مع ٠,١ مول من كل من القطفة II ، III ثم تضاف الجواهر السابق لإنبوبى الطرد المركزي ولكن بدون المركب (بلانك) وتغطي وتحضن على درجة

٧٠م/ ساعة في حمام مائي ثم يضاف ١ ملل هكسان لكل أنبوبة وترج ٣ دقائق ثم تسمع لها بالانفصال ويؤخذ ٤ ملل من الطبقة العلوية (هكسان) للتحليل .

جدول رقم (٢٢-٥): معدل استرجاع لمجموعة من المركبات من خلال عمود السيليكا والإزاحة بمذيبات متدرجة القطبية .

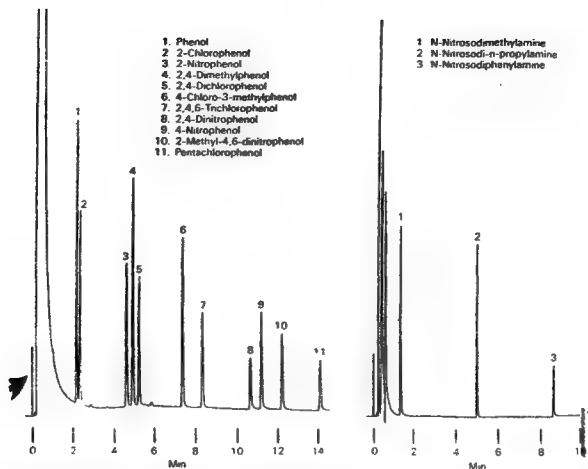
المركب	التركيز ppb	Ex%	I	II	III	IV	كلي
أمينوكارب	١٠	٩٠	-	-	٥٩	-	٥٩
بنزين مكلوريد (٧)	٠,١٢	٩٠	١٦	٥٩	-	-	٦٧
ديكلور	١٨	٩٠	٧٩	-	-	-	٧٩
فينيل	٢٠	٨٩	٨٨	-	-	-	٨٨
Parthane	٦٦,٥	٨٩	٨٠	١٥	-	-	٩٥
PCNP	٠,١	٨٧	٨٨	-	-	-	٨٨
كلوردان	١,٥٤	٨٥	٨٩	١	-	-	٩٠
ديكلور	١٢,٤	٨٥	-	٧٩	-	-	٧٩
ميركس	٢,٣٥	٨٢	٨٢	-	-	-	٨٢
ترينولون	٤٨	٩٩	-	٩٣	-	-	٩٣
EPN	٦٠	٩٩	-	٩٦	-	-	٩٦
أيندروثيون	١٢	٩٩	-	٨٤	-	-	٨٤
أثيل باراكسون	٤٠	٩٩	-	-	٩٠	-	٩٠
ميثيل باراكسون	١٦	٩٩	-	٩٣	-	-	٩٣
أيندكاثيون	٦٠	٩٩	-	٩٨	-	-	٩٨
ديورسبان	٤	٩٩	-	٨٧	-	-	٨٧
DCPA	٠,٥	٩٨	-	٨٤	-	-	٨٤
داي فونات Dyfonate	٢٠	٩٨	-	٧٨	-	-	٧٨
ميثيل باراكسون	٣٦	٩٨	-	-	٩٠	-	٩٠
فوريت (ثيمت)	١,٢	٩٨	-	٥٦	-	-	٥٦
دند (بارا - بارا)	٠,٨٠	٩٧	-	٩٤	-	-	٩٤
ديليرين	٠,٧٢	٩٧	-	٩٦	-	-	٩٦
ديلان	٢,٤٢	٩٧	-	٩٤	-	-	٩٤
بروفوس	٢	٩٧	-	-	٩٦	-	٩٦
ددا (بارا - بارا)	٠,٤٥	٩٦	١٠١	-	-	-	١٠١
ديرين	٨,٧	٩٥	-	٧٧	-	-	٧٧
كلوروفورون	١٠	٩٥	-	٤	٩٤	-	٩٨
دند (أرو - بارا)	١,٠٥	٩٤	٩٣	-	-	-	٩٣
مهيوكارب	١٠	٩٤	-	٥٥	٥٧	-	١١٢
Ronnonon	١٢٠	٩٤	-	-	٩٢	-	٩٢
كلوروفلوروكسون	٨٠	٩٤	-	-	-	-	-
٤-٢ د (استرثيونيل)	٤,٠٨	٩٣	-	-	٩٠	-	٩٠
أروكلور (١٢٥٤)	٧٥,٦	٩٣	٩٦	-	-	-	٩٦

ایم جدول رقم (۲۲-۵):

کلی	IV	III	II	I	ExZ	الترکیز ppb	المركب
۹۹	-	۹۰	۹	-	۱۰۹	۸,۶۵	۲ و ۴-د (الستر میتوکسی اینتول)
۹۷	-	-	۹۷	-	۱۰۹	۶,۰۵	۴,۶-۵-ت (ایزو کلل استر)
۱۰۴	-	۱۰۴	-	-	۱۰۸	۲۰	دیازینون
۹۱	-	-	۹۱	-	۱۰۷	۲۰۰	فوسفیل (اینترافوس)
۹۵	-	-	۹۵	-	۱۰۵	۳,۲۸	۴,۶-د (ایستر ایزو کلل)
۹۸	-	-	۹۸	-	۱۰۵	۱,۱۱	تدرین
۹۸	-	-	-	۹۸	۱۰۴	۱,۵۸	دنت (پارا - بار)
۵۰	۵۰	-	-	-	۱۰۴	۸۰	مالاکسون
۹۴	-	۲۳	۷۱	-	۱۰۳	۳	۴,۶-۵-ت (ایستر بیوتیل اینتول)
۱۰۲	-	-	۱۰۲	-	۱۰۳	۲,۹۹	نتونیون
۹۳	-	-	-	۹۳	۱۰۳	۲۲,۲	توکسافین
۸۹	-	۱۷	۷۲	-	۱۰۳	۲۸	دلفن
۹۹	-	-	۹۹	-	۱۰۲	۲	۴,۶-۵-ت ایستریوتیل
۹۰	-	۹۰	-	-	۱۰۲	۲۴	DEF
۱۰۲	-	-	۱۰۲	-	۱۰۲	۱,۶	Dichlofenthion
۹۱	-	-	۹۱	-	۱۰۲	۴۰۰	زولون (فوزفون)
۹۹	-	-	۹۹	-	۱۰۱	۱۶	ایلیل بار هیون
۹۹	-	۹۹	-	-	۱۰۱	۶۶,۵	فرزین
۹۳	-	۹۳	-	-	۱۰۱	۱۰	Bux
۱۰۰	-	۱۰۰	-	-	۱۰۰	۶,۵	کیتش
۹۹	-	۹۹	-	-	۱۰۰	۱۰	برویکسر
۱۲۱	-	-	۱۳۱	-	۱۰۰	۱,۵	لوالیت
۹۶	-	-	۹۶	-	۱۰۰	۴	رونیل
۹۴	-	-	۹۴	-	۱۰۰	۲۰	توین
۸۷	-	۸۷	-	-	۱۰۰	۴	مالاکتوین
۸۸	-	-	۸۸	-	۹۹	۰,۴۷	بنزین هکساکلورید (α)
۸۰	-	-	۴	۷۶	۹۱	۰,۰۹	بنزین هکساکلورید (β)
۶۲	-	-	-	۶۲	۹۱	۰,۴۷	کلورینید
۱۰۴	-	-	۸۰	۲۴	۹۱	۰,۵۳	نیودان (آزروسفن)
۸۹	-	-	۸۹	-	۹۱	۰,۳۱	هینکلور ایوکسید

تابع جدول رقم (۲۲-۵):

المرکب	التركيز ppb	Ex%	I	II	III	IV	کلی
فیوئین	۱۲	۹۲	-	۷۶	-	-	۷۶
نافیلیدریم	۵۶	۹۲	-	-	۴۵	-	۴۵
دای سیکون	۲,۶	۹۲	-	-	-	-	-
دیاکسون	۱۰	۹۲	-	-	-	۷۲	۷۲
دیپدان (لوست)	۲۲۰	۸۲	-	-	۸۵	-	۸۵
روئین (Ruclen)	۹۰	۸۰	-	-	-	۵۸	۵۸
میتیل ترینفوس (موتیکون)	۲۲۰	۷۸	-	-	۸۸	-	۸۸
۴-۲ (سترایزوریل)	۳,۲۸	۷۵	-	۷۱	-	-	۷۱
هکساکلوروبنزیل	۰,۲۰	۷۴	۹۶	-	-	-	۹۶
کپون	۳,۶۴	۷۲	-	۱۸	۸	-	۲۶
سمزین	۶۶,۵	۷۱	-	-	۲۸	-	۲۸
زکتران	۱۰	۶۹	-	-	۵۸	-	۵۸
فوسترین	۶	۶۹	-	-	۲۲	۲۲	۶۵
کلریدیل	۱۰	۶۴	-	-	۶۸	-	۶۸
CPEC 0>27	63	63	-	۴۱	-	-	۴۱
فوسفیدین	۸۰	۴۲	-	-	۴۲	۴۲	۴۲
دای دیوئیت	۲۴	۴۰	-	-	-	۶۰	۶۰
پیلان	۱۲۰	۱۷	-	-	-	۱۵	۱۵
آزادین	۷۲	۷۲	-	-	-	-	صفر



SPB-5 fused silica capillary column, 15m x 0.53mm ID, 1.5 μ m film

Phenols. Col Temp: 2 min. at 75°C, then to 180°C at 8°C/min. and hold 1 min., Inj. & Det. Temp.: 250°C, Flow Rate: 15ml/min., He, Det.: FID, Sens.: 16×10^{-11} AFS, Sample: 1 μ l phenols standard in methylene chloride, 50ng each component, direct injection.

Nitrosamines. Col Temp: 2 min. at 35°C, then to 200°C at 20°C/min. and hold, Inj. Temp.: 240°C, Det. Temp.: 270°C, Flow Rate: 20ml/min., He, Make-up Gas Flow: 15ml/min., N₂, Det.: NPD, Sens.: 16×10^{-11} AFS, Sample: 1 μ l nitrosamines standard in hexane, 5ng each component, direct injection.

شكل رقم (٢٢-١١) : فصل بعض الملوثات البيئية الفينولية الحامضية
والنيتروز أمينات القاعدية

أخذ وأعداد وتجهيز واستخلاص وتنقية عينة مياه ملوثة بمركبات حمض الكلوروفينوكسي والأحماض العضوية المكلورة والكلوروفينولات :

١- يؤخذ عينة المياه الملوثة بحجم لتر من العينة المركبة بعد ترشيح أي مواد عالقة بها وتوضع في قمع فصل سعة ٢ لتر ويتم تحميض العينة حتى $\text{pH} = 2$ باستخدام حمض الكبريتيك .

٢- ثم يضاف ١٥٠ ملل داي إيثيل إيثر لقمع فصل ويرج بشدة لمدة دقيقة ثم يترك ١٥ ثانية ويفتح غطاء القمع لتسريب الضغط البخاري للمذيبات ثم يترك ١٠ دقائق للسماح بانفصال الطبقات حيث يحتفظ بالطبقة العلوية بالقمع بينما يسمح للطبقة السفلية (المائية) بالتسريب لقمع فصل ثلثي ساعة ٢ لتر يضاف إليها ٥٠ ملل داي إيثيل إيثر وترج بشدة لمدة دقيقة ثم يترك ١٥ ثانية ويفتح غطاء القمع لخروج أبخرة المذيبات وتترك عشرة دقائق للسماح بانفصال الطبقات ويحتفظ بالطبقة العلوية بالقمع بينما تسرب الطبقة المائية (السفلية) لقمع فصل ثالث ٥٠ ملل داي إيثيل إيثر وترج بشدة لمدة دقيقة ثم يترك ١٥ ثانية ويفتح غطاء لتسريب الضغط البخاري للمذيبات ثم يترك على الحامل للسماح بانفصال الطبقات وهنا تمهل وتصرف الطبقة المائية السفلي وتؤخذ الطبقات الثلاث طبقات علوية بأقماع الفصل الثلاث للتركيز .

٣- تجهيز وحدة كيودرنا داليس وجمع بها الطبقات العلوية الثلاثة ثم يضاف ٢ ملل من محلول ٣٧% بوتاسا (بوزن ٣٧ جم بوتاسا كاوية في ١٠٠ ملل ماء) ثم يضاف ١٥ ملل ماء ثم يتم توصيل عمود سيندر ذو الثلاث كرات وتوضع الوحدة في حمام مائي على درجة الغليان لتبخير الداي إيثيل إيثر لمدة ٦٠ دقيقة .

٤- تنقل محتويات أنبوبة التركيز القاعدية لقمع فصل سعة لتر ١٠ ملل ثم يضاف ٢٠ ملل داي إيثيل إيثر وترج بشدة لمدة دقيقة ثم يترك ١٥ ثانية ويفتح غطاء لتسريب الضغط البخاري للمذيبات ثم يترك لفترة للسماح بانفصال الطبقتين ويسمح للطبقة السلفي (المائية) لقمع فصل ثلثي يضاف إليه ٢٠ ملل داي إيثيل إيثر وترج بشدة لمدة دقيقة ثم يحذر بفتح غطاء القمع ويترك لاتفصال الطبقتين وتمهل طبقة الأثير أيضا .

٥- يتم تحميض الطبقة المائية المحتوية على المركبات بحجم ٢ ملل حمض كبريتيك ممتلج ثم يضاف ٢٠ ملل داي إيثيل إيثر ويغطى وترج لدقيقة ثم يفتح غطاء ثم يترك فترة عشرة دقائق للسماح بانفصال الطبقات ويسمح بخروج الطبقة السائلة (المائية) لجمع فصل ثاني بينما تؤخذ طبقة الأثير في دورق مخروطي (Erlenmeyer flask) يحتوى على ٥٠,٥ جم كبريتات صوديوم لا مائية .

٦- ثم يعاد استخلاص الطبقة المائية الحمضية باستخدام ١٠ ملل داي إيثيل إيثر ثم تجمع طبقات الداي إيثيل إيثر بالدورق المخروطي وتترك مدة مع كبريتات الصوديوم اللامائية/ ساعتين مع لفها معاً في المحلول (Swirling) من فترة لأخرى .

٧- يتم تجميع مستخلص الداي إيثيل إيثر في الكيوردنا داتيش مع غسل قمع الفصل والدورق بثلاث دفعات من الداي إيثيل إيثر بحجم لا يتعدى ١٠ ملل ثم يوضع قطع زجاج بأنبوبة التركيز المدرجة لمنع الفوران ويتم توصيل عمود سيندر ذو الثلاث كرات ويوضع في حمام مائي للخلجان للتركيز حتى ٥ ملل ويراعى ألا يقل التركيز عن ذلك حتى لا يحدث تسخين زائد .

٨- يتم غسل الدورق بأقل كمية من الداي إيثيل إيثر ثم يثبت عمود سيندر المطور إلى أنبوبة التركيز وتوضع في حمام مائي يغلي للتركيز حتى ٥٠,٥ ملل بعد أن تبرد وتكون بذلك معدة للتقدير .

أخذ وإعداد وتجهيز واستخلاص وتنقية عينة مائية ملوثة بأحماض حرة:

١- حيث يؤخذ عينة مائية بحجم ٥٠٠ ملل من العينة المركبة بعد ترشيحها لإزالة المواد والجسيمات العالقة بها ثم يضاف إليها حمض كبريتيك مركز نقطة نقطة حتى تصل تركيز أس أيون الهيدروجين ٣ من خلال ٤-٦ نقطة ثم تضاف ١٠ جم كبريتات صوديوم لا مائية و ٥٠ ملل ميثيلين كلوريد وترج بشدة لدقيقتين ثم يحذر بفتح الغطاء لتسريب الضغط البخاري للمذيبات ثم يترك ١٥ دقيقة للسماح بانفصال الطبقات ثم تكمل خطوات ٢، ٣، ٤ من طريقة Thompson .

الباب الثالث والعشرون

تلوث التربة / الترسبات بالسموم
والملوثات البيئية

تلوث التربة / الترسبات بالسموم والملوثات البيئية :

تحتل مشكلة تلوث البيئة مرتبة متقدمة بين المشكلات التي يواجهها العالم اليوم خاصة مع التطور الصناعي والتقني بها فهما المسئولان عن تفاقم الضرر بالبيئة ومكوناتها فالنظام البيئي ومكوناته هو إطار الحياة ومصدر موارد الثروة الطبيعية فيها.

وتعد التربة هي الطبقة السطحية من القشرة الأرضية والتي تعيش على سطحها الإنسان والكائنات الحية الحيوانية والنباتية فهي الوسط الذي ينمو فيه النباتات ويعيش على سطحها الإنسان ويعيش على سطحها وبداخلها الكثير من الكائنات الحية خاصة الدقيقة منها كالفطريات والبكتيريا .

وربما تأخذ مظاهر تلوث الهواء والماء كما سبق الطابع الحاد والمباشر (Acute and Direct phase) وذو تأثير سريع على حياة البشرية مما حدا بالدول الصناعية المتقدمة على سن قوانين لحماية الهواء الجوي والمياه من التلوث ومن ناحية أخرى فإن مظاهر تلوث التربة ذات طابع بطيء ممتد المفعول تراكمي وغير مباشر على البشر والحيوان و الإنتاج النباتي فهو تراكم ممتد لمواد غريبة (Xenobiotics) بها تتمتع بتركيب كيميائي يخالف التركيب الطبيعي والكيميائي لأنواع التربة فتلوثها مما يؤدي بدوره لتغيير في صفاتها الطبيعية والكيميائية والبيولوجية وقد يكون تركيز هذه الملوثات منخفض جدا ولكنها ذات فائدة عظيمة للتربة مثل الفضلات الحيوانية والأسمدة المسمدة للتربة لتعديدها وتنوعها وتفاوتها من حيث تركيبها الطبيعي والكيميائي .

وكما سبق تعد حركة جزيئات هذه الملوثات بين حبيبات التربة من العوامل الرئيسية لانتشار الملوثات بها خاصة وأن معدل انهيار (Degradation) وتمثيل (Metabolism) جزيئات الملوثات في طبقات التربة تتطلب المزيد من الدراسة والبحث باستثناء الميكروبات والتحوللات الغير حيوية ومعندة الجزيئات .

والتربة كإحدى مكونات النظام البيئي (Ecosystem Component) والتي تمثل الوسط النامية فيه المحاصيل الغذائية المختلفة والمستخدمة في الغذاء الأدمي والحيواني عرضي للتلوث والذي يزداد يوما بعد يوم بتقدم التكنولوجيا والذي يصل إليها بطريق مباشر أو غير مباشر (غير متعمد) وهو ما استرعى انتباه عدد كبير من العلماء لدراسة مستوى التلوث بالتربة بمتغيرات المواد السامة على المدى القريب أو البعيد ، خاصة وإذا ما كان في بلد تمثل الزراعة فيها ركنا أساسيا لاقتصادها القومي وتهديده يمثل بالضرورة تهديدا لمقدرة التربة الإنتاجية علاوة على تأثيرها على صلاحية ونوعية المنتج الزراعي النامي بها كانعكاس لتدهورها التدريجي هذا بجانب إذا ما أخذنا في الاعتبار الكيماويات الزراعية (Agrochemicals) و المغالاة والتكثيف الغير متزن في ميزان الأسمدة الزراعية والتي لا يستفيد منها النبات إلا بقيمة قليلة منها والباقي يغسل مع ماء الري أو يتطاير حيث يبلغ الفقد السنوي فيها حوالي ٢.٢ مليون طن وهو ما يجسم خطورة المشكلة خاصة من جانب ما تحتويه هذه الأسمدة الكيماوية من مركبات ثانوية (By-products) كالرصاص والكاميوم والنيكل والزنك و النحاس مع الأسمدة الفوسفاتية كشوائب بها والفترات والنترت والبيوريت بعد استخدام مهاد يوريا .

كما تناول علماء التوكسيكولوجي أثر هذه المتغيرات السامة العكسي والغير عكسي (Reversible and Irreversible toxic effects) على الجانب الحيوي للتربة وفي نفس الوقت على الصفات الطبيعية والكيميائية للتربة نفسها مع دراسة أثر نوعية التربة على السلوك (Behavior) ومآل (Fate) هذه المتغيرات في الأنظمة كرد فعل متبادل بينهما كذلك العوامل المتشابهة والمعقدة التي يشملها هذا الفعل المتبادل والسعة المائية (Water Holding Capacity WHC) والنشاط الميكروبي بها (Microbial activity) فاعلمة جزيئات الملوثات السامة على الخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للتربة ويتأثر مدى نجاح ذلك ويحدد على مدى تأثير وتداخل هذه العوامل مع بعضها البعض ومع الخواص الطبيعية (معدل النوبان - الضغط البخاري والزوجة - درجة الحموضة) والكيميائية لجزيئي الملوث السام .

ولقد درس مآل جزئيات السموم والعوامل المؤثرة على سلوكها مثل الامصاص (Adsorption) والتشرب (Leaching) والحركة (Mobility) سواء الحركة الرأسية أو الأفقية (Downward or Horizontal movement) ولكن يبقى إمكانية التصور الكامل لهذه العمليات في صورة إنموذج (Model) تمثيلي مصغر لهذا النظام البيئي (Micro Ecosystem) لدمج هذه العوامل معا في محاولة للوصول لتصور كامل يفي بشرح مآلها .

كذلك أدى التنوع المتفرد والكبير لمبيدات الآفات (Pesticides) في الأونة الأخيرة خاصة إذا ما أخذنا في الاعتبار احتمالية الاستخدام الغير واعى والعشوائي بجانب الاستخدام المباشر لها على التربة كمبيدات التربة (Soil Pesticides) سواء أكانت للحشائش : (Herbicides) أو للفطس (Fungicides) أو للبكتريا (Bactericides) أو للنيماتودا : (Nematicides) أو للقواقع (اليزاقات) Molluscicides وهو ما يوضح التنوع الكبير والمنفرد الذي يشير إلى تنوع واختلاف التركيب الكيميائي لكل نوع منها ومدى التلوث الناجم عن ذلك ولسق كانت أكثر المركبات استخداما في هذا الشأن هي مركبات : الدددت والديلدرين و ٤٠٢ - د وهي ما تتميز بدرجة ثبات عالية خاصة في التربة فتصل فترة نصف حياتها (١٥٥) لسنوات أما المركب الأخير فقد قامت الولايات المتحدة الأمريكية وكما أشارت إحصائية المجلس الوطني الأمريكي برشه خلال عشرة سنوات (١٩٦٢ - ١٩٧٢) على فيتنام وعلى مساحة قدرها مليون ونصف هكتار حيث كانت الكمية التي تم رشها ٦٠.٠٠٠.٠٠٠ كيلوجرام بواقع ٤٠ كجم / هكتار وذلك بهدف التخلص من الغابات الفيتنامية والتي يختفي أسفلها الجنود الفيتناميون حتى تظهر بوضوح من الجو وكانت نتيجة ذلك العمل الإجرامي ظهور العديد من التأثيرات المرضية الوراثية الخطيرة من تشوهات خلقية (Teratogenesis) خاصة بالأجنة والمتبلورة في الضعف العقلي واضطرابات في الحركات وعدم التوافق الحركي والتفاوت لربود الفعل كذلك عدم وجود أطراف أو تشوه في تكوينها كذلك أدت لتشوهات في العمود الفقري وكانت نسبة التشوه عالية في الأطفال حديثي الولادة فكانت في سنة ١٩٦٢ بمعدل ٢٠ حالة في الألف وبلغت عام ١٩٦٩ إلى ١١٢ حالة في الألف وزادت الأعراض من حيث تشقق سقف الحلق والنشاه وتقرح التشققات وانتهت بسرطان الكبد والتي بلغت نسبته ثلاثة

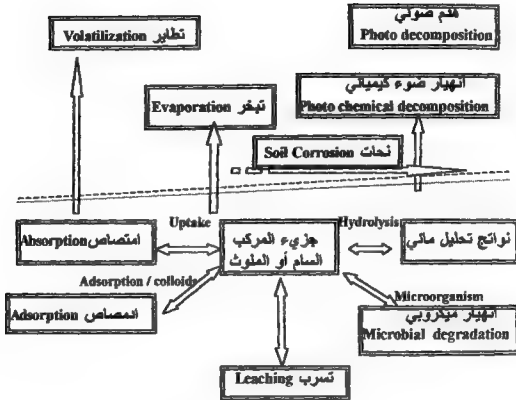
أضعاف عام ١٩٦٧ . ولقد أثبت العالم Truhant أن سبب هذه التأثيرات إنما يرجع لمادة الديوكسين والتي تعد كناتج ثانوي (By-product) يوجد وبكمية ضئيلة عند تصنيع المركب السابق (٤،٢-د) والتي لا تتفك بيولوجيا بالجسم ولكنها لا تتفك إلا على النبات فقط وبعد مدة طويلة قد تصل شهرين .

كذلك من الأهمية بمكان الأخذ في الاعتبار أن الكائنات الحية الدقيقة والمستهدفة بالمعاملة بعد موتها وتحللها فإنها تعيد إضافة متبقيات هذه المركبات أو ممثلاتها مرة أخرى للتربة هذا بجانب بقايا المحاصيل المعاملة والتي تترك بالتربة عقب الحصاد مثل المجموع الجذري وجزء من الساق (كما يحدث مع محصول الذرة والقمح والشعير) والتي تحتوي بدورها على نسب من هذه المتبقيات والتي غالبا ما يتم حرثها وتقليبها في التربة بهدف زيادة المحتوى العضوي لها .

ديناميكية إنبصاص وانفراد وحركة السموم بحبيبات التربة والعوامل المؤثرة عليها

بمجرد أن تجد السموم والمواد الكيميائية الأخرى طريقها للبيئة فإن الجزء الأعظم منها يصل للتربة وفي بعض الأحيان تعمل التربة والترسبات كبالوعة لهذه المتبقيات السامة من خلال النقل الملائم لجزيئات السموم ثم الانمصاص (Adsorption) والتشرب لها (Leaching) مع العلم هنا أنه قد تحدث لبعض الجزيئات انفراد (Release) أو تطاير (Volatilization) أو تبخر (Evaporation) أو انهيارها الكيماوي أو الميكروبي (Chemical or Microbial Degradation) أو انتقالها عبر حبيبات التربة (Transportation) أو تحللها المائي أو الضوئي (Hydrolysis & Photolysis) شكل رقم (٢٣-١) .

وكل هذه العمليات لها دور في النهاية على مظاهر سلوك ومصير أو مآل هذه السموم وكما يلاحظ أنها عمليات طبيعية وكيميائية ترتبط بقوة لكل من الصفات الطبيعية والكيميائية لكل من جزيئي الملوث والتربة بالإضافة للعوامل البيئية خاصة العوامل المناخية منها .



شكل رقم (٢٣-١) : سلوك مأل جزينات مركب سام بالتربة .

ومن الأهمية بمكان في هذا الصدد ألا ننسى الدور الفعال الذي تلعبه الكتلة الحية (Biota) في التربة سواء أكانت كائنات حية دقيقة أو حيوانات لا فقارية ودور معامل التوزيع التجزيئي بها .

وتؤثر ظاهرة الأمتصاص (Adsorption) بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في مستوى متبقيات السموم البيئية والزراعية على وجهة الخصوص والتي وصفت وكما سبق بأنها تعمل كبالوعة (Sink) للعديد من جزيئات الأنواع

العديدة من السموم ويكون من الأهمية بمكان في هذا الصدد التفهم الكامل لطبيعة ظاهرة الانمصاص (Adsorption phenomena) ولما لها من أثر فعال ومحدد لتأثير الكثير من العوامل الأخرى .

فجزيئات السموم المختلفة لها درجات ميل مختلفة للانمصاص والارتباط بجزيء الطمي أو المحتوى العضوي (Organic Matter) خاصة الحاملة منها لشحنة سالبة في نفس الوقت فإن نسبة ما منها تذوب بمحلول التربة وتشكل بدورها سعة تبادلية كاتيونية عالية (High Cationic Exchange Capacity) تبعا لنوع وطبيعة التركيب الكيميائي لجزيئات التربة وطبيعة التركيب الكيميائي لجزيء الملوث والتي على أساسها تختلف درجة الاتزان بينهما ولهذا تأخذ معظم عمليات الانمصاص وقت قصير للوصول لحالة الاتزان وذلك مع الأخذ في الاعتبار درجة حرارة التربة وعامل أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) وهنا يكون معدل اللانمصاص (De-sorption) أكثر بطئا .

وعملية الانمصاص قد تكون طبيعية نتيجة وجود قوى فاندر فالس أو لارتباط هيدروجيني أو لتكوين معقدات بينهما أو لانمصاص كيميائي مثل التبادل الأيوني وانتقال البروتونات على أسطح الحبيبة أو في الوسط السائل بينهما أو تكوين البروتونات .

ويمكن وصف وتمثيل بيانات الانمصاص للملوث على حبيبات التربة بأيزوثرم فرويندليش (Freundlich isotherm) وهي :

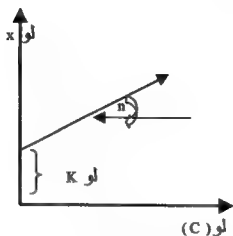
$X = K M^n$ (كمية الملوث الممتص) / (وحدة كتلة التربة الممتصة) K (ثابت يصف امتداد الانمصاص) . C (التركيز عند الاتزان للمركب)

حيث (n) تصف طبيعة الانمصاص وهي أقل من ١ وأكبر من الصفر

وغالبا ما تتحول هذه المعادلة إلى خط مستقيم بأخذ لوغاريتم طرفيها :

$$\log X = \log K + n \log C$$

وبتوقيع قيم لو x على المحور الصادي وقيم لو C على المحور السيني نحصل على خط مستقيم يتقاطع مع المحور الصادي بقيمة لو K ويمثل ميل الخط قيمة (n) شكل رقم (٢٣-٢).



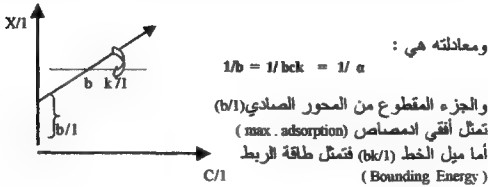
شكل رقم (٢٣-٢) : معادلة الخط المستقيم لفرونيدلش

وتستخدم هذه المعادلة في وصف امتصاص جزيئات السموم الفوسفورية على أسطح حبيبات التربة كذلك بعض الأيونات والكاتيونات العديدة الأخرى ولكنها لا يمكن وأن تصف أقصى حد للامتصاص (Max- adsorption) حيث أن ظاهرة الامتصاص تقل نسبيا بزيادة الكمية المدمصة و هو ما وجهه نظر الباحثين لاستخدام معادلة لانجمير (Langmuir Equation) والتي تصف امتصاص جزيئات المركبات الملوثة في صورة طبقة جزيئية واحدة (Mono-molecular) على أسطح حبيبات التربة :

X (كمية الملوث الممتص) / M (وحدة كتلة التربة المدمصة) = K (ثابت طاقة الربط) .
b (أقصى امتصاص لتكوين طبقة واحدة) .

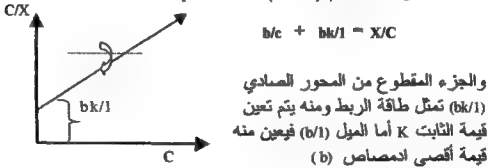
حيث (C) : التركيز بعد الاتزان (١ + CK) .

وبتحويلها لخط مستقيم بأخذ مقلوب المعادلة أو بقسمة طرفيها على تركيز الاتزان (C) فيتوقع قيمتي $X/1$ ، $C/1$ بالمحور الصادي والميني على الترتيب نحصل على الشكل رقم (٢٣-٣) .



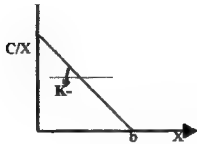
شكل رقم (٢٣-٣): منحنى يربط بين قيمتي $X/1$ ، $C/1$

أما إذا تم توقع C/x ، C بالمحور الصادي والميني وعلى الترتيب فنحصل على الشكل رقم (٢٣-٤) ومعادلته هي :



شكل رقم (٢٣-٤) : منحنى معادلة فروندليش يربط بين قيمتي C/X ، C

أما إذا تم توقع قيم C/x ، C على المحور الصادي والميني على الترتيب نحصل على الشكل رقم (٢٣-٥) ومعادلته هي :



$$xk - bk = C / X$$

ويكون الجزء المقطوع من المحور السيني (b) يمثل أقصى الامصاص ويكون الميل (K-) يعين منه طاقة الربط

شكل رقم (٢٣-٥) منحني معادلة فروندلش يربط بين قيمتي C/X ، X

والثلاث توقعات السابقة صور لمعادلة لانجمير وتعطي حرية أكثر لإنتاج أي تطبيق لأهم .

وتوجد ثلاث نظريات تفسر عملية الامصاص لجزيئات السموم والملوثات البيئية على سطح حبيبات التربة وهي :

١- النظرية الجهدية (Potential theory) :

وفيها يحتفظ السطح الخارجي لمادة الامصاص بقوة جذب متوازنة كما تخضع لقوى جذب داخلي ولكي توازن هذه القوى فانها تقوم بجذب جزيئات المادة الماصة المسائلة أو الغازية على سطحها الخارجي فتؤدي بذلك لخفض قوى التوتر السطحي لمادة الامصاص بالنسبة للوسط المحيط .

٢- النظرية الكيميائية (Chemical theory) :

حيث يفترض حدوث تفاعل كيميائي من خلال تكوين روابط كيميائية متفاوتة بين مادة الامصاص وجزيئات المادة الماصة وهو ما يؤدي بدوره لنتائج ذو قيمة حاصل إذابة أقل عن أيهما .

٢- النظرية الكهربائية Electrical Theory

حيث يفترض حدوث تجاذب بين الشحنات الكهربائية على سطح مادة الامصاص والتي بدورها تكون مخالفة من حيث النوع للشحنات الموجودة على جزيئات المركب السام وعليه تختلف قوى الامصاص هنا تبعاً لنوعية

وتركيب أسطح جزيئات مادة الانمصاص ونوعية قوى الجذب عليها وهنا تنقسم قوى التجاذب لنوعين :

١-قوي تعمل في مجال جذب كهربى قصير ويشمل الروابط الكيميائية والهيدروجينية .

٢-قوي تعمل في مجال جذب كهربى أطول ويشمل قوى فاندير فالس وهى بصفة عامة أضعف عن الأولى .

مما سبق نبين لنا أن هناك طرق ادمصاص مختلفة :

١- ادمصاص موجب وسالب (Positive & Negative adsorption) :

١-١- ادمصاص الموجب (Positive adsorption)

حيث يدمص جزيئات المركب السام المذابة بنسبة أعلى من المذيب فينخفض تركيزه في المذيب وتعبّر معادلة جيبس عن ذلك :

الكمية المدمصة للمحلول (G) =

تركيز جزيئات المركب المذابة في المذيب $RT/(C) \times$ التغير في قيمة التوتر السطحي للمعامل السام الناتج عن الانمصاص (dc/db) درجة الحرارة T .

$$[dc / db \cdot C/RT] / T =$$

أي أنه بانخفاض قيمة O بارتفاع التركيز $(dc/db > 0)$ فإن $G > 0$ وهنا يكون تركيز المذاب على سطح مادة الانمصاص $<$ تركيزه في المحلول أي ادمصاص موجب.

١-٢- ادمصاص السالب (Negative adsorption):

حيث يدمص جزيئات المذيب بنسبة أعلى من جزيئات المركب السام المذابة مما يؤدي لارتفاع تركيزه في المذيب . أما عندما يكون $db/dc > 0$ فإن $G < 0$ وهنا يكون تركيز المذاب على سطح مادة الانمصاص $>$ تركيزه في المحلول أي ادمصاص سالب .

٢- ادمصاص طبيعى وكيميائى (Physicosorption and chemisorption) :

تلعب التأثيرات الطبيعية والكيميائية المتبادلة بين سطح مادة الانمصاص وجزيئات المادة السامة المدمصة على سطحها دورا هاما في عمليات الانمصاص فيصاحب عملية الانمصاص الكيميائي :

- تكوين روابط كيميائية .
- بجانب أن سطح مادة الاممصااص في الغالبية العظمى لمواد الاممصااص غير أملس أي به تجويفات وفتحات دقيقة عديدة تلعب دورها في المساعدة على إتمام تكوين هذه الروابط .
- دور الصفات الطبيعية والكيميائية لجزيئات المادة السامة المذابة والممنصة على السطح .
- بعد إتمام تكوين الروابط تنطلق كمية من الطاقة وهو ما يشتر لحدوث تفاعل كيميائي طارد للطاقة (Exothermic reaction) وهو تفاعل يحدث تلقائيا وهنا تكون قيمة التغير في الطاقة (ΔG) سالبة والتي تبلغ ٢٠٠ - ١٠٠٠ كيلو كالوري بينما تكون أقل كثيرا في قيمتها حوالي ١٠ كيلو كالوري ودرجة ثباتها في حالة الاممصااص الطبيعي والذي يطبق فيه منحنى الاممصااص واللاممصااص :الانفراد (Adsorption & De-sorption) .
- دور التكاثرات الحرة الموجودة بالسطح الخارجي لمادة الاممصااص وتأثيرها في زيادة قوتي الاممصااص الكيميائي .

٣-اممصااص قطبي وغير قطبي (Polar & Non-polar adsorption) :

بعد انتهاء عملية الاممصااص القطبي يتبعها تغير في الشحنة الكلية لسطح مادة الاممصااص في حين أنه بعد إنتهاء عملية الاممصااص الغير قطبي لا يتبعها أي تغير في الشحنة الكلية لسطح مادة الاممصااص وهو مثل ما يحدث في حالة التبادل الأيوني (Ion exchange) حيث يستبدل عدد معين من الأيونات الموجبة بعدد مماثل من الأيونات الموجبة الأخرى وهنا يكون حاصل أجمالي الشحنة الموجبة في الحالتين متساوي أي دون أن يطرأ عليها أي تغير في الشحنة الموجودة على السطح .

العوامل المؤثرة على انمصاص السموم والملوثات البيئية على سطح
حبيبات التربة :

١-الصفات الطبيعية والكيميائية لحبيبات التربة (مادة الاممصاص) :

يعد نوع التركيب الطبيعي والكيميائي للتربة من أهم العوامل المؤثرة
والمحددة لعملية ادمصاصها لجزئيات الملوث البيئي السام وكذلك على
الاتزان (Equilibrium) وهنا يلعب الطين (والذي يتراوح حجم حبيباته حتى
٠,٠٠٢) باعتباره ملح لأحماض الألومنيوسيليسيك (Alumino silicic) مع
بعض القواعد والحديد المرتبطة بروابط إليكتروستاتيكية أيونية وتساهمية
وقوى فاندر فالس وروابط معدنية وهيدروجينية وهيدروكسيلية ومحتوى
التربة من الطمي ونسبته ونوعه التي تتفاوت بتفاوت نوع التربة حيث يبلغ
بالترربة الطميية حوالي ٥٠% في حين لا يتعدى ١% في التربة الرملية .

كذلك تتوقف عملية الاممصاص على نوعية سطح حبيبات التربة فحبيبات
التربة النشطة حيث يكون لدرجة دقة حبيباتها ضمن النطاق الغروي الذي
يزداد بها معدل الاممصاص عن التربة ذات الحبيبات الأكبر كذلك تتوقف
على كثافة وتوزيع المجال الكهربى على هذا السطح الكبير فتفاعلات
الادمصاص ما هي إلا تفاعلات سطوح تحدث على السطح ولهذا تقسم
معادن التربة من حيث نسبة المعادن بها وقدرتها التبادلية إلى :

١-١-معادن ذات النسبة ١ : ١ :

لها سعة تبادلية كاتيونية منخفضة لصغر مساحة سطحها و بالتالى
قدرتها على الاممصاص منخفضة أو محدودة مثل الكاولين Kaoline (فتبلغ
٣-١٥ مللكافىء / ١٠٠ اجم) المتكون من تكتيف طبقة ثنائية أوكتايدرا على
طبقة تترايدرا السيلكون بحيث تكون قمم التترايدرا أو إحدى طبقات
الأوكتايدرا طبقة مشتركة (أي من أيونات الأكسجين المكونة لقمم
التترايدرا المتصلة مع ذرات الألومنيوم حيث ترتبط ذرة الأكسجين بأيوني
ألومنيوم .

١-٢- معادن ممتدة ذات النسبة ٢ : ١ :

ولها سعة تبادل كاتيونية عالية ١٠٠ - ١٥٠ ملليمكافى/ع/ ١٠٠ جم وذلك لكبر مساحة سطحها كثيرا وبالتالي قدرتها على الامتصاص عالية وتبلغ مائة ضعف الأولى كما بالفيرميكلوليت (Vermiculite) كذلك معدن المونتموريلونيت (Montmorillonite) ويتكون الفيرميكلوليت من المكي- ثنائية الأوكتايدرا أو ثلاثية الأوكتايدرا بعد أكسدة الحديد الموجود بها وخروج عدد من أيونات الماغنسيوم والحديد من طبقة الأوكتايدرا . أما معدن المونتموريلونيت فيتكون من وحدات متكونة من طبقتين تتراهيدرا السيليكات بينهما طبقة أوكتايدرا الألومنيوم وجميع قمم التتراهيدرا تتجه لمركز الوحدة حيث تكون قممها مع هيدروكسيل طبقة الأوكتايدرا المشتركة وسعتها التبادلية الكاتيونية من ٨٠-١٥٠ ملليمكافى/ع/ ١٠٠ جم جدول رقم (٢٣-١) .

ويفسر ارتفاع سعتها التبادلية الكاتيونية حدوث انعكاس في وضع بعض وحدات التتراهيدرا سيليكات بحيث تتجه قممها لخارج التركيب كما أن أيونات السيليكات لا توجد في مستوى بلوري واحد بل في مستويين وتتفخ هذه المعادن بامتصاصها للماء .

١-٣- معادن غير ممتدة ذات النسبة ٢ : ١ : وهي حالة وسط بين النوعين السابقين .

جدول رقم (٢٣-١) : بعض مكونات التربة المعدنية ومساحة سطحها وسعتها التبادلية

مكون التربة	مساحة السطح م ^٢ /جم	القدرة التبادلية
المادة العضوية	٨٠٠-٥٠٠	٤٠٠-٢٠٠
فيرميكلوليت	٨٠٠-٦٠٠	١٥٠-١٠٠
مونتموريلونيت	٨٠٠-٦٠٠	١٥٠-٨٠
أتيليت	١٠٠-٦٥	٤٠-١٠
كلوريت	٤٠-٢٥	٤٠-١٠
كاووليت	٣٠-٧	١٥-٣
أكاسيد وهيدروكسيدات	٨٠٠-١٠٠	١٦-٢

٢-نوع حبيبات التربة (Soil type) :

لنوع حبيبات التربة أثر كبير على معدل الثبات لجزيئات الملوثات
معدل الثبات بالتربة الطينية الثقيلة المحتوية على مواد عضوية أكثر من
التربة الطينية الثقيلة (Heavy clay soil) أكثر من التربة الطينية (Clay soil)
أكثر من التربة الخفيفة أكثر من التربة الرملية (Sandy soil)

وأكثر مكونات التربة علاقة بثبات جزيئات السموم الملوثة لها هي
المادة العضوية (Organic Matter) والطينية:الكلاي (Clay) فالمادة العضوية
تتكون من مركبات دوبالية (Humic) لها سعة تبادلية كاتيونية عالية (High
cationic Exchange capacity) حيث تنتج مجاميع الكربوكسيل (Carboxyl Groups)
والأمينو الفينولية (Amino phenoles) مناطق للارتباط الهيدروجيني بجزيئات
السموم كما أن للدوباليات الصوديومية تأثير مشابه للمنظفات وجزيئات المواد
المساعدة على إذابة المواد الغير ذائبة بالماء مثل جزيئات ددت (DDT) .

ويقصد بالطين : الطمية (Clay) الجسيمات الصغيرة الحجم والتي يبلغ
قطرها ٠,٠٠٢ مم فالترربة الطمية هي التربة المحتوية على أكثر من ٤٠%
من حبيباتها في هذا المدى ولهذا يمتص الطمي والمواد العضوية (غرويات
التربة) نسبة عالية من جزيئات السموم وبقوة ويكون :

- أدمصاص معدن الطين لجزيئي الملوث الغير أيوني ادمصاصا طبعيا
(Physical Adsorption) بعدة طبقات مرتبطة بروابط ضعيفة أو تكمص
بالمادة العضوية الرطبة أو تكمص بذوباتها في المكون الدهني للمادة
العضوية أو لتكوين رابطة هيدروجينية بالأماكن النشطة بحمض الدوبال.
- أدمصاص معدن الطين لجزيئي الملوث الأيوني ادمصاصا كيميائيا
(Chemical Adsorption) من خلال روابط هيدروجينية وهنا تتكون روابط
قوية فتضاعف الادمصاص ستة أضعاف بخفض أس تركيز أيون
الهيدروجين (pH) من ٧ إلى ٢,٥ حيث تصبح الأماكن الحادثة عندها
الاستبدال مشبعة بالهيدروجين في درجات الحموضة كارتباط جزيئات
الأكترالين بأيون الهيدروجين فيتحول لكاتيون فتحل بذلك محل
الهيدروجين أو يرتبط مباشرة مع أيونات الهيدروجين المدمصة على

أماكن الاستبدال بالمادة العضوية وقد يحدث الامصاص في أكثر من طبقة وتكون الطبقة الأولى فقط هي المرتبطة كيميائياً بسطح الطين .

□ امتصاص معدن الطين لجزيئي الملوث الكاتيوني (Cationic molecule) امتصاصاً بقوي إلكتروستاتيكية لولبية بسطح الطين السالب بقوة وهذا يبطل مفعولها ولا يمكن للنبات أو الكائنات الحية الدقيقة امتصاصها .

□ امتصاص معدن الطين لجزيئي الملوث ذو الشحنة الموجبة الضعيفة (Weak positive charge) كمركبات التراي أزين (Tri Azines) والأميتروزول حيث تكون أقل ارتباطاً بسطح الطين وبالتالي تكون ميسرة للامتصاص بالنبات والكائنات الحية الدقيقة ويزداد امتصاصها بنقص درجة الحموضة حيث يكون الامصاص عكسي ومن هنا يتواجد باستمرار تركيز من جزيئاتها في ماء التربة .

□ امتصاص معدن الطين لجزيئي الملوث الأنيوني (Anionic molecule) كالأحماض العطرية فتتمص بمعادن الطين ولا تتمص بالمونومرولونيت في المحاليل المتعادلة أو القلوية لأنها ستكون كاملة التأين وتحمل شحنة سالبة . ولا تتمص بالكاولونيت بالمحاليل المتعادلة أو القلوية لعدم وجود كمية من الحامض الغير متأين حيث أن امتصاص الجزء الغير متأين يتم بالارتباط بالأكسجين والهيدروكسيل الموجود بسطح المعدن أي بروابط هيدروجينية أو اشتراكية ممولة من جانب المركب الكاتيوني بالتربة كارتباط مجموعة الكربونيل ($\text{CO}-$) والنيتروجين أو ذرات الهيدروجين مع سطح الطين فتنتج معقدات ثابتة. فمجاميع الفينوكسي وداي كاميا ومركب (TCA) تتمص عن طريق المجاميع الأنيونية الحرة كالكربونيل والهيدروكسي والأمين وعن طريق روابط هيدروجينية .

ويلاحظ أن عملية الامصاص طاردة للحرارة (Exothermic) وعليه فرفع درجة الحرارة يؤدي لنقص في الامصاص وفي نفس الوقت تتحرر جزيئات من المادة الممتصة وتبدأ في الذوبان مع جزيئات الماء البيئية فتقل فرصة امتصاصها من جديد وعليه يجب معرفة معامل التوزيع التجزيئي والمادة العضوية للحكم على التغيرات الناجمة .

٣- كاتيونات التربة (Soil cations) :
يؤثر مستوى الكاتيونات بالتربة على تركيبها وعمليات الانتشار أو التبعثر (Diffusion or Scattering) والتجمع (Flocculation) للغرويات .

٤- أنيونات التربة (Soil anions) :
تعمل أيونات التربة كالحديد والألمنيوم والمنجنيز كعوامل ملامسة تسرع من انهيار وتدهور (Deterioration) جزيئات السم و عملية انتقالها .

٥- التركيب الكيميائي للمادة العضوية :
تتكون المادة العضوية بالتربة من أحماض دوبالية (Humic acids) كالكر بوهيدرات والبروتين والدهون والشموع والأصبغ والراتنجات والمرتبطة مع الأحماض الدوبالية ارتباطا طيعيا . فالأحماض الدوبالية حامضية التأثير وذات وزن جزيئي عالي وأروماتي وتنتج من بلمرة جزيئات أصغر في الاتجاهات الرئيسية الثلاثة وتحتوي على مجاميع كربوكسيلية وهيدروكسيلية يرجع لها السعة التبادلية كما تحتوي على مجاميع لها القدرة على عمل روابط هيدروجينية .

ويلاحظ أن الامتصاص بالمادة العضوية لا يصل لحالة الاتزان سريعا بعكس الامتصاص بالطين الذي يصل لحالة الاتزان بسرعة وهذا لا يعني أن جزيئات الملوث السام لا يمكنها التحرر منها سريعا خاصة عند استخلاصها بالمحاليل المائية كذلك فاسترداده بعد امتصاصه يكون صعب حتى وإذا لم يحدث تفاعل بينهما .

ويبدأ الامتصاص بسرعة بالمادة العضوية ثم يبطيء تدريجيا ويستمر لفترة طويلة والعكس يحدث بمعن الطين . حيث يبدأ الامتصاص أولا على السطح ثم ينتشر لداخل جزيئي المادة العضوية بينما يكون الامتصاص بمعن الطين ظاهرة سطحية . وكما سبق فإن عملية الامتصاص طاردة للحرارة لذا فرفع درجة الحرارة تقللها في نفس الوقت لزيادة تحرر المادة المدمصة وذوبانها في جزيئات الماء البيئية فتقل بذلك فرصة امتصاصها من جديد وهنا يجب معرفة معامل التوزيع التجزيئي والمادة العضوية .

كذلك يؤثر محتوى التربة من المادة العضوية على معدل الامتصاص وكلما زاد المحتوى العضوي كلما زاد الامتصاص ، فالتربة المحتوية على

غرويات عضوية كمحتوى الدوبال (Humic colloid content) تحدث تفاعلات الامتصاص بها على صورة حمض دوبال (Humic acid) وهي مجموعة من الأحماض عينية القاعدية مع مجموعة كربوكسيل وهيدروكسيل فينولي ولها قدرة خاصة وسعة تبادلية عالية للأيونات وهو ما يختلف عن مثيلاتها والمحتوية على نسبة عالية من الغرويات المعدنية كمعادن الطين البلورية والأكاسيد والهيدروكسيدات البلورية وغير البلورية .
كذلك فالجهود الكهربي لحبيبات التربة له دورة الحيوي في عملية الامتصاص فهو المسئول عن الظواهر السطحية لحبيبات الطين والسيليكا والألومنيوم .

فعملية امتصاص جزيئات السموم تتم بارتباطها على مواضع الشحنت السالبة الموجودة على سطح الطمي أو المادة العضوية المختلطة بها وهذه الظاهرة تكون نتيجة توجه جزيئات السموم ثم التجاذب بين الأيونات ثنائية القطبية (Dipole-Dipole) أو تكوين روابط هيدروجينية أو الارتباط الأيوني القوي للكاتيونات الموجودة على سطح جزيئي الملوث وقد يلي ذلك إعادة ترتيب وضع الذرات بالجزيئي على السطح (Rearrangement) وعليه فكلما زادت نسبة الطمي والمادة العضوية بالتربة يزداد نسبة ما يمدص على سطحها من جزيئات المركب السام .

٦- حموضة سطح التربة (Surface acidity):

تحدد حموضة سطح التربة مدى وطبيعة الامتصاص الحادث لجزيئي الملوث السام على سطحها حيث تتفاوت درجة حموضة التربة بين ٤,٥ بالأرض الطينية الثقيلة إلى ٨ بالأراضي الرملية الجديدة وذلك تبعاً لنوعية المجموعة الفعالة على سطح حبيبات التربة والتي في نفس الوقت لها دورها الفعال في سلوك انقيار المركب الملوث . وامتصاص جزيئات السموم غالباً ما يكون مرتفع بالتربة ذات درجة الحموضة العالية حيث وسط غرويات التربة السالبة الشحنة ملائم لعملية التبادل الكاتيوني فأى زيادة حموضة التربة تعمل على تحول جزيئي السم من أنيون سالب الشحنة إلى جزيئي غير مشحون أو إلى مشحون بشحنة موجبة وبالتالي تزداد قوة الامتصاص .
أما في التربة ذات درجة الحموضة العالية ذات أس تركيز أيون الهيدروجين $> ٤,٠$ يقل فيها امتصاص جزيئات السموم حيث تشغل أماكن

التبادل الكاتيوني بها بالهيدروجين فيكون الامصاص جزئي السم موجب الشحنة منخفض لقلّة الشحنات السالبة على سطحها والعكس .

ويلاحظ أن جزيئات الماء في المنطقة بين السطوح تختلف عن الماء الكلي فأهميتها لا تقتصر على تقدير ميكانيكية الامصاص أو الطاقة التي تمسك جزئي المركب السام بواسطتها وتحدد ما إذا كانت هذه المركبات تنهار أو لا لممثلات سواء أقل سمية (De-toxication) أو لأكثر سمية (Intoxication) أو ارتباطه أو ذوبانه مما يؤثر في النهاية على مدى سريته وتحركه مع الماء الأرضي (Ground water) .

كذلك فلدرجة الحموضة تأثير محدد لدرجة تفرق أو تجمع جزيئات الملوث نتيجة تأثير أس تركيز أيون الهيدروجين على معامل التفكك (Dissociation Constant pK_a) من المركب السام الحامضية أو القاعدية الضعيفة. ويجب الأخذ في الاعتبار أن التربة الشديدة الحموضة ($pH: 4$) أو التربة شديدة القلوية ($pH: 11$) والمحتوية على أملاح كربونات الصوديوم وأس تركيز أيون الهيدروجين المقاس في محلولها لا يمثل الحموضة الكلية (Total acidity) لوجود مكونات حموضة أخرى في صورة متبادلة نتيجة للخواص التبادلية لها فالشحنة السالبة الموجودة على أسطح حبيباتها الغروية إما شحنة :

- دائمة وثابتة على أسطح حبيباته وتنشأ من الإحلال المتماثل بمعننه .
 - مؤقتة وتتوقف على قيمة أس تركيز أيون الهيدروجين المحيط فتزداد بزيادته وتنشأ نتيجة مجموعة ($Si-OH$) حول حواف سطح المعدن .
- أما شحنة المادة العضوية بالتربة فتتوقف على قيمة أس أيون الهيدروجين وتنشأ لتأين مجاميع الكربوكسيل عند $pH: 4-7$ والفينول تتأين عند قيمة أس أيون الهيدروجين قلوي .

ويلاحظ أهمية تأثير عامل أس تركيز أيون الهيدروجين على السعة التبادلية الكاتيونية والتي تزداد بارتفاع قيمة أس تركيز أيون الهيدروجين بالتربة وهو ما يميز لوجود مصادر للشحنة المتوقعة على قيمته ولهذا تقسم معادن التربة تبعاً لكثافة الشحنة عليها والمؤثرة على الامصاص إلى :

- ١-٦ معادن بصورة هيدروكسيدات ذات كثافة شحنة منخفضة : كالسيليكات والألمينا والحديدوز والحديدك
- ٢-٦ معادن بصورة هيدروكسيدات ذات كثافة شحنة عالية : كالصلصال ومخاليط السيليكات والألمينا .

كما تعتمد نسبة امتصاص جزيئات السموم الملوثة للتربة لحد كبير على درجة ثبات الملوثات النسبي (Relative stability) فكلما زادت نسبة الامتصاص زاد الثبات وذلك لإبعاد جزيئات المركب السام عن الوسط حيث يتوقف أس تركيز أيون الهيدروجين بدورة على المحتوى الرطوبي والمحتوى المعدني الأيوني ودرجة الحرارة والذي يتوقف بدورة على معدل التمثيل . فأس تركيز أيون الهيدروجين هو إحدى العوامل المؤثرة بقوة لارتباطه بالعديد من العمليات الطبيعية والكيميائية والحيوية فعلى سبيل المثال يؤثر بقوة على ثابت التفكك (K_a Dissociation Constant) وأثر ذلك على معدن الطين والقدرة التبادلية للكاتيونات ومعدل الانهيار الميكروبي والكيميائي لها (Microbial and chemical degradation) .

٧-المحتوى الرطوبي للتربة (Soil moisture content) :
غالباً ما يحدث الامتصاص لجزيئات السموم في التربة ذات المحتوى الرطوبي المنخفض عن مثيلتها ذات المحتوى الرطوبي العالي حيث يعمل انخفاض المحتوى الرطوبي على نقص التوازن : امتصاص - امتصاص وبجعله متجه نحو الامتصاص بدرجة ملحوظة خاصة مع التربة الرملية والصغراء حيث لا يوجد هذا النظام بالأراضي الثقيلة .
وزيادة المحتوى الرطوبي يعمل على انفراد وتحرير جزيئات السم المدمصة على طمي حبيبات التربة كما لوحظ أن زيادة المادة العضوية في هذه الحالة تقلل عملية الانفراد .

ويجب الأخذ في الاعتبار أن جزيئات ماء المحتوى الرطوبي قطبية وتواجدها بين نظام تربة - جزيئات سامة تتنافس مع جزيئات المركب السام من أجل الامتصاص على غرويات التربة مما يجعل جزيئي المركب يتوجه و ينجذب بشدة المحلول .

وتؤدي حركة المياه السطحية وجريانها على سطح التربة لنويان بعض جزيئات السموم فيقل الامتصاص وتنتشر هذه الجزيئات الذائبة في الماء من جديد خلال طبقات التربة للأعماق ويمتص منها أثناء حركتها بعضها .

ويلاحظ أن النظام : طمي(طين) - ماء يؤثر على معدل الامتصاص وصفات المادة المدمصة ومعدل نويان جزيئات المركب الملوث في الماء .

وهنا لا يجب إغفال دور جزئيات الماء بين حبيبات التربة وجزئيات الهواء على ثبات جزئيات الملوثات فجزئيات الماء تتنافس وتحل محل جزئيات السموم بمواقع الامتصاص النشط على سطح حبيبات التربة وتزداد هذه القدرة التنافسية بارتفاع درجة الحرارة بالتربة .

فجزئيات هذه الملوثات تتخلل بين حبيبات التربة عن طريق جزئيات الماء والهواء الموجودة بين الحبيبات ولذا فتطول المدة التي يمكنها جزئي الملوث سواء بصورته الأصلية أو ممثلاته والتي تحدد مدى وقته مقاومته لها على الصفات الطبيعية والكيميائية لهذا المتبقيات وعوامل التدخل بينهم . كذلك لا يغفل عامل المنافسة (Competitive factor) بين متبقياتها والعناصر الكبرى والصغرى في النبات (Macro (major and Micro (minor elements) فوجد أن وجود متبقيات مبيد الحشائش داوون تؤدي لزيادة مقدرة النبات الامتصاصية لعنصر الحديد من التربة وهو ما يؤدي بدوره لظهور حالة نقص لباقي العناصر الأخرى الموجودة فعلا في النبات .

كذلك فان انتشار جزئيات ملوث خلال الهواء المنتشر بين حبيبات التربة يكون أسرع من مثيله مع جزئيات الماء المنتشرة بينهما حيث تبلغ النسبة من ١٠ - ٣٠ ألف مرة لذا يلاحظ أن معامل توزيع جزئيات الملوث بين الماء والهواء عالي جدا وتتراوح بين $10 \times 10^6 - 10 \times 10^7$ ولهذا فان انتشار أبخرة جزئيات ملوث بهواء التربة (بخار) يساهم في حركته السريعة بين حبيباتها ومن هنا وجب عند المعالجة المباشرة بمبيدات التربة تقليلها جيدا وتغطيتها بحبيبات التربة حتى لا يحدث فقد لها بالهواء الجوي سواء بالتطاير أو بالبخر ويلاحظ أيضا أن بعض جزئيات هذه المواد تشجع نمو النبات النامي بالإضافة لعملها أصلا أو لاحتوائها على عناصر غذائية مثل نترات نيتروجين أو كبريت أو فوسفور .

فعندما تقل كمية الرطوبة بين حبيبات تربة ما فإن الطبقات المائية المغلفة لحبيباتها ترق أكثر بزيادة التجفيف وبالتالي تنسحب الفراغات الهوائية الشعرية بين حبيباتها إلا أن معدن الطين والمادة العضوية ما زال يدمصا طبقة رقيقة من الماء بسطحها فمعادن الطين سالبة الشحنة وقادرة على الارتباط بالأيونات الموجبة (الكاتيونات) بسطحها كالهيدروجين والصوديوم والكالسيوم والفوسفور كما أن لبعض المعادن سعة تبادلية كبيرة فالمونتموريلونيت يبلغ

٨٠- ١٢٠ ملليمكافىء / ١٠٠ جم ، بينما نجد العكس مع الكارووانيت والتي تبلغ سعته التبادلية ٥-١٥ ملليمكافىء / ١٠٠ جم .
وتزداد درجة ثبات متبقيات السموم في التربة الجافة حيث تصبح جزئياتها حرة ولكن في نفس الوقت تكون معرضة للتطهير خاصة إذا ما كان ضغطها البخاري مرتفع أو تتعرض للبحر أو معرضة لسرعة انهيارها الكيميائي وتحللها .

وكما سبق فإن معدل انتقال وحركة جزئيات الملوثات بين حبيبات التربة يتناسب مع تركيزها ومعامل انتشارها (أي وزن المادة المنتشرة خلال مستوى مساحة مقطعة ١ سم^٢) شرط أن يكون التدرج في التركيز مساوي للوحدة . فمعامل انتشارها في الهواء أكثر بكثير من مثيله بالماء والذي يصل إلى ١٠,٠٠٠ - ٣٠,٠٠٠ مرة لذا فجزئيات السموم التي تصل للتربة تكون نسبة توزيعها بين الماء والهواء $< ٣٠,٠٠٠$ وتققد أساسا عن طريق سريان الماء لأسفل أما جزئيات السموم في التربة والتي نسبة توزيعها بين الماء والهواء $> ١٠,٠٠٠$ فتققد أساسا عن طريق هواء التربة وعليه فمعدل فقدها من التربة يتناسب عكسيا مع نسبة توزيعها بين الماء والهواء أو بين المادة العضوية وماء التربة وبالتالي فثباتها في التربة يتناسب مع هذه النسب إذا لم يحدث لها انهيار ويفرض ذلك فإن كمية الملوث اللازمة للحصول على جرعات مناسبة منه على مسافات متساوية ستقل بزيادة النسبة بين معامل التوزيع بين ماء التربة والهواء أما إذا كانت جزئيات الملوث تنوب بدرجة ضئيلة جدا فإنه لا يتعدى انتشاره لعمق عدة بوصات سطحية .

٨- درجة حرارة التربة (Soil temperature):

ادمصاص جزئيات السموم على أسطح حبيبات التربة عملية طاردة للحرارة (Exothermic) لتكون روابط هيدروجية أو أيونية فتتفرد طاقة حرارية منها ترفع درجة حرارة التربة أيضا بجانب درجة حرارتها فتعمل الكائنات على تكسير بعض من هذه الروابط فتنتج طاقة متحررة تعمل على تحرر بعض الجزئيات . وعليه فأي زيادة في درجة حرارة التربة تؤدي لزيادة معدل ذوبان جزئيات السموم في المحتوى الرطوبي لها مما يؤدي بدوره لتغير في الأتزان وفي نفس الوقت يؤدي لافتراد بعض الجزئيات المدمصة ذات قوة الجذب الضعيفة .

٩-محتوى التربة من الكائنات الحية الدقيقة واللافقارية :

لمحتوى التربة من الكائنات الحية الدقيقة واللافقارية علاقة مباشرة مع مستوى خصوبة التربة والتي تتأثر بدورها كثيرا بفعل مخلفات الملوثات حتى تتمكن من هضمها ميكروبيا (Microbial Degradation) فيعود النشاط الحيوي لهذه الكائنات سريعا مرة أخرى وتُستَرَن (Equilibrium) ويلاحظ أن الفطريات الأرضية أكثر حساسية للمخلفات عن البكتريا حيث تقل عملية النترنة (Nitrification) وإنتاج النشادر (Ammonification) وهنا يتغير تأثير مخلفات السموم بالتربة في حالة كون هذه الكائنات مستهدفة عما في حالة كونها أعداء حيوية (Natural Enemies) كما أن لنشاطها وحركتها الزائدة بين حبيبات التربة وملامستها لهذه المخلفات بأجسامها ثم موتها يؤدي لزيادة محتوى التربة من هذه المخلفات الموجود بأجسامها الميتة المحللة .

ف تقوم بكتريا البسيدوموناس (Pseudomonas) والبريفي باكتريم (Brevibacterium) والأزوتوموناس (Azotomonas) والذانتوموناس (Zanthomonas) بدور فعال في التخلص من مخلفات السموم حيث يبلغ نشاطها في هدم وإزالة سمية مبيقات مركب البارثيون إلى ٥٠ ملج / لتر / ساعة واستخدام كربون البارثيون كمصدر للكربون والطاقة في المزارع الميكروبية حيث لم تتأثر هذه الميكروبات إلا عند تركيزات عالية من البارثيون إلى ١٠,٠٠٠ جزء في المليون فيوقف نشاطها ، ولقد أمكن عزل الأنزيمات الهامة من هذه الميكروبات ودراسة إمكانية تحملها لتركيزات أعلى وحرارة عالية بغرض تربية سلالات مقاومة منها يمكنها أكل السموم .

١٠-التشرب (Leaching) :

يلاحظ أنه كلما زاد المحتوى الرطوبي للتربة وبالإضافة لارتفاع معدل ذوبان جزئيات المركب في ماء التربة كلما زادت نسبة ما يتشرب من جزئياته خلال حبيبات التربة للأعمق (Downward movement) وللجانبيين (Horizontal movement) وهي أقل كثيرا عن الحركة للأعمق وهو ما يقلل بدوره من كمية الانمصاص بطريق غير مباشر .

وعليه فكلما انخفض معدل ذوبانها في الماء كلما انخفض معدل تشربها وزادت فرصة انمصاصها على سطح الحبيبات وهنا تتركز مبيقات هذه

مواد بالطبقة السطحية للتربة وغالبا ما تتميز هذه الجزيئات بدرجة ثبات عالية كما يتركب الدنت والألدرين واللدرين والعكس صحيح .
مما سبق يتبين لنا أن حدوث ظاهرة التشرب للجزيئات السامة يؤدي لخفض تركيزه في التربة / ترسبات ومن هنا يمكن وقف مشاكل تلوث الماء الأرضي فمعامل الامتصاص للمادة يمكن وأن يعد كدليل (Index) على قوة التشرب وهو ما لوحظ تماما مع عامل التطاير والبحر والذان يؤديا لخفض تركيز جزيئات الملوث من التربة / ترسبات .

وحركة مياه المطر أو الري لأسفل تحرك معها جزيئات الملوثات التي تنوب بها وتتحرك مع تيار الماء بسرعة وتنتشر بالتربة إلا أن جزيئات المركب لا تصل للعمق الذي تصل إليه جزيئات الماء لأن ذلك يتناسب عكسيا ونسبة توزيع جزيئات الملوث بين الماء والمادة العضوية كما أن العمق الذي تصل إليه هذه الجزيئات يقل بزيادة السعة الحلقية أي بنقص كمية المياه الحرة وعليه فعمليات غسيل التربة بهدف إزالة الملوثات منها (Elimination) يتوقف على مدى ودرجة ذوبان جزيئات الملوث فالجزيئات قليل الذوبان تكون غير ذات أهمية والعكس صحيح إلا إذا كانت التربة رملية كذلك نوعية ضغط التربة (مفككة - مصمتة) .

١١- معدل الافتراد (De-sorption rate) :

ويشير لمعدل تحرير أو افتراد أو انطلاق بعض جزيئات الملوث المدمصة من سطح غرويات التربة فتصبح حرة وقابلة للامتصاص من جديد بالكائنات الحية النباتية والحيوانية أو تتشرب كما سبق بين حبيبات التربة للأعماق وللجانيين .

والكمية المنفردة هي العامل المحدد بدقة لكمية جزيئات الملوث في التربة تحت الظروف الطبيعية والكيميائية فهي المؤثرة على فاعلية التربة من حيث صفاتها الطبيعية والكيميائية والغطاء النباتي الموجود عليها .

وتختلف الكمية المنفردة باختلاف التركيز فترداد بزيادة التركيز لحد معين وطول فترة الملامسة ودرجات الحرارة فيزيد الافتراد بارتفاع درجة الحرارة فهي عملية طاردة للحرارة والمحتوى الرطوبي حيث تزداد درجة الحرارة بارتفاع المحتوى خاصة في الطبقات تحت سطحية ربما لقلّة تركيز المواد العضوية بها عما بالطبقة السطحية أو لكبر حجم حبيباتها المدمصة .

١٢- الخواص الطبيعية والكيميائية لجزيئات المركب السام :

يتأثر معدل امتصاص جزيئات السموم على خواصها الطبيعية مثل :

١-١٢- درجة التطاير (Volatilization): فكلما زادت درجة تطايره لزيادة درجة ضغطه البخاري كلما انخفض معدل المدمص منه على حبيبات التربة .

٢-١٢- الضغط البخاري (Vapor pressure) : حيث يحدد الضغط البخاري كل من درجة تطاير المركب المدمص على حبيبات التربة ودرجة تبخره من بين حبيبات التربة بعد انفراده (Release) من الأسطح الغروية المدمصة .

٣-١٢- معدل ذوبان جزيئات المركب (Solubility): فكلما زاد معدل ذوبان جزيئاته في المحتوى المائي للتربة انخفض معدل امتصاصه بحبيبات التربة.

٤-١٢- طبيعة التركيب الكيميائي للجزيء التي تحدد بدورها درجة قطبيته وحموضته أو قلويته وبالتالي طبيعة توزيع الشحنات على الكاتيونات والتي تدمص بدرجة أكبر على سطوح التربة عن الأنيونات مما يؤدي لحدوث تنافس على المراكز الامصاصية بالجزيء وبالتالي حركته (mobility) كما تساعد طبيعة التركيب الكيميائي لجزيئي السم على تحديد عملية الاتزان الامصاصي والتي تؤثر مباشرة على التوجيه والاتجاذب المباشر لجزيء السم لحبيبة التربة ثم اتصاله بسطح الحبيبة وامتصاصه عليها .

٥-١٢- تركيز جزيئات الملوث فيتأثر معدل الامتصاص على سطح حبيبات التربة بعامل التركيز ولكن لا يتأثر بإطالة الوقت المتلامسة فيه مع سطح الحبيبة وهو ما يتضح من الجدول التالي رقم (٢٣-٢) .

جدول رقم (٢٣-٢) : أثر عامل التركيز على الامتصاص مع الوقت لمركب التوكسافين على حبيبات البنتونيت

التركيز	جزء في % المليون	التركيز بعد ساعة	جزء في % المليون	التركيز بعد ساعة	جزء في % المليون
٥٠٠٠	٤٣٢٢	٦,٨	٣٣٢٢	١٦,٨	٣١٠٧
٤٠٠٠	٣٥	٥,٠	٢٦٧٨	١٣,٤	٢٣٢٢
٣٠٠٠	٢٧	٢,٦	٢٠٠٠	١٠	١٤٦٥
٢٠٠٠	١٨٥٧	١,٤	١٣٩٣	٦,١	٩٦٥
١٠٠٠	١٠٨٠	صفر	٧١٤	٢,٩	٥٣٥
					٥,٣٥

الباب الرابع والعشرون

تلوث التربة بمبيدات الآفات

بعد استخدام مبيدات الآفات (Pesticides) بأنواعها المختلفة إحدى مصادر تلوث التربة خاصة مع الاستخدام العشوائي والغير واعى لأنواعها بصفة عامة ومبيدات التربة (Soil pesticides) ومبيدات الحشائش (Herbicides) بصفة خاصة سواء عن طريق انجراف وتطاير (Drift) قطرات ورذاذ الرش الأرضي أو الجوي (Ground or Aerial & Praying) أو بعد معاملتها مباشرة رشاً على سطح التربة كما هو الحال مع المبيدات المستخدمة في مكافحة حشائش وفطريات وبكتريا وتيماتودا وقواقع التربة بمبيدات الحشائش والمبيدات الفطرية (Fungicides) والبكتيرية (Bactericides) والنيماطودية (Nematicides) والقواقع (Molluscicides) على الترتيب رشا أو تخنيماً وهو ما يشير بوضوح لتوسعها وتفاوتها من حيث التركيب الكيميائي رغم ضالة الجرعة الموصى بها عند استخدامها والتي تتراوح بين ٠,٣ - ١ كج / فدان مقارنة بكميات الكيماويات الزراعية الأخرى كالأسمدة الكيماوية النيتروجينية أو الفوسفورية أو البوتاسية المضافة لكل فدان كذلك مثيلتها من العناصر الكبرى والصغرى. كذلك فإن تنوع وتفاوت التركيب الكيميائي للمبيدات المستخدمة فهي مجموعة متنوعة من المركبات غير العضوية كالمبيدات الزرنيخية والفلورونية والزرنيقية والسيانيد حيث بدأت في الظهور مجموعة المركبات العضوية كالنيكوتينات والروتينون والدرس والبيرثينات ثم مركب السدنت خلال الحرب العالمية الثانية والذي استخدم بكثرة في مكافحة الحشرات الطبية والبيطرية والمتشعبة في جيوش الحلفاء وكذلك مركب ٤,٢ - د ثم ازداد التنوع أكثر بظهور أول مركب فوسفوري عضوي من مجموعة السموم الفوسفورية العضوية كمركب الشردان والأومبا ثم مجموعة مركبات السموم الكارباماتية والأزينات والترأى أزيئات ٠٠٠٠ ورغم التنوع إلا أنه ظهرت سلالات مقاومة من الآفات والتي ارتفعت من ١٨٢ نوع إلى ٢٦٨ نوع عام ١٩٧٤ مما أدى لاستبدالها بغيرها أكثر سمية أو بزيادة قيمة جرعتها أو بزيادة عدد مرات المعاملة وتقليل الفترات بينها فكانت المحصلة النهائية لذلك هي زيادة كمية ما يضاف منها للتربة بصفة خاصة ولمكونات النظام البيئي بصفة عامة .

فبالرغم من أن السموم الكلورونية والسيكلودانيات مضى على استخدامها فترة طويلة إلا أن متبقياتهما ما زالت موجودة وحتى الآن على أنواع عديدة من التربة بمناطق مختلفة .

ولا يفوتنا في هذا الصدد بقايا المحاصيل الحقلية المختلفة ككعوب القصب وعيدان الذرة وبقايا سوق القمح والشعير والخضراوات المختلفة والتي تترك بعد الحصاد ثم يقوم الفلاح بقلبها في التربة (يحرثها) بهدف الاستفادة من تحللها مستقبلا كسماد عضوي والتي يبلغ تركيزها ٠,٠٢٥ جزء في المليون في محاصيل الحبوب أي ما يعادل ٠,٠٠٠١ باوند / أكر (حيث ١ هكتار = ١٠,٠٠٠ م^٢ ، ١ أكر = ٠,٤٠٤٦٧ هكتار) وبعملية حسابية بسيطة مع الأخذ في الاعتبار أن متوسط متبقيات الدنت بالحبوب كان ٠,٠٢ جزء في المليون والمحصول الناتج كان ٢٥٠٠ كيلو جرام / هكتار حبوب ، أما العيدان (Straw) فكانت ٦٢٥٠ كيلو جرام / هكتار أي إجمالي ٨٧٥٠ كيلو جرام / هكتار وعليه فيترك بقايا تبلغ ٣٣٦٠ كيلو جرام / هكتار فانه يوجد بها ٠,٠٠٠٠٠٦ باوند/أكر من المبيد بالتربة .

كذلك تتلوث التربة ببقايا المبيدات من خلال سقوط الأمطار الحامضية (Acid rains) حيث سجلت أقصى درجة لمركب الدنت في بريطانيا حيث كانت ٢١٠ × ٦ جزء في المليون ومعدل سقوط المطر أثناءها هو ٥٠ بوصة (١٢٥ مم / أكر) فإن تركيزه يكون بمعدل ٠,٠٠٢٧ كج / هكتار / سنة ، كذلك يعد نحات التربة المنقولة إحدى عوامل تلوث البيئة بالمبيدات .

ويتطلب تقييم تأثير بقايا المبيدات على الكائنات الحية بالتربة معرفة معلومات عن التربة كنظام بيئي (Ecosystem) فالترية تتكون من جزئين إحداهما غير حي وهي معادن التربة وتمثل ٩٤ % منها و الآخر حي كالمادة العضوية وجذور النباتات والميكروفلورا وحيوانات التربة وتمثل ٦ % منها حيث تمثل الكائنات العضوية المتحللة (الميتة) ٨٥ % منها في حين تمثل الكائنات العضوية فيه منها ١٥ % وتكون على النحو التالي :

جذور حية ٨ % ، أندوفونا (Endophona) ٦,٥ % اكتينومايسيس ٥٠ % وفطريات التربة ٢٥ % والديدان ١٤ % والحيوانات الكبيرة ٥ % والصغيرة ٢,٥ % والديدان الصغيرة ٣,٥ % .

وبما سبق يتأثر بناء التربة (Texture) وكذلك عمليتي التهوية والصرف بنشاط الديدان الحافرة والخنافس وزوات الألف رجل والتي تخلط المواد

العضوية مع المكونات المعدنية وعليه فغالبا ما تكون الطبقة السطحية من التربة خليط متجانس من المادة العضوية والجذور النباتية والحشائش وعسوما فهذه الاختلافات ليست مهمة من الوجهة البيئية والبيولوجية فحسب بل من وجهة توزيع متبقيات السموم خاصة المبيدات بها والذي يتأثر بدوره ودرجة التوزيع الرأسي للمادة العضوية ومعادن الطين (علاوة على تركيبها الكيميائي وحجم جزيئاتها) حيث تتراكم جزيئات متبقيات هذه السموم في أجسام هذه الكائنات الحية أو بعد موتها وتحللها نتيجة تغذيتها على نباتات ملوثة بها .

مكونات حيوانات التربة (Composition of Soil Fauna) :

يختلف تركيب حيوانات التربة باختلاف أماكن تواجدها فتتضمن مجموعة يتراوح حجمها بين بضعة ملليمترات لأكثر من ٢٠ سم (النيماتودا - الديدان - البكتريا - الديدان السلكية) ولهذا التباين فإن القياس البسيط للظروف البيئية لهذه المجموعات غير ممكن ونمط مواطنها بالتالي متباين أيضا ، فالبروتوزوا والنيماتودا والعجليات (Rotatoria) وكذلك (Tandigarda) والتي تعيش بالفراغات المملوءة بالماء بين حبيبات التربة تدخل طور سكن عند جفاف التربة ثم تعاود نشاطها مرة أخرى بزيادة الرطوبة بينما تعيش ذات الذنب القافز والأكاروسات في الفراغات الهوائية بين حبيبات التربة أما الأنواع الكبيرة منها فبعضها يعيش في الفراغات رغم أن قوام التربة يعوق تحللها وبعضها يعيش على سطحها أما ديدان الأرض وزوات المائة رجل والجعل فقادرة على حفر التربة وهو ماله أهميته في نمو الجذور وتهوية التربة وجودة صرفها وكل هذه الكائنات تتأثر كثيرا ودرجات متفاوتة لوجود بقايا السموم خاصة مبيدات التربة والحشائش كذلك فتفاوت أحجامها يؤدي إلى تفاوت عادات تغذيتها ونوعها وهو ما يؤثر بدوره في السلاسل الغذائية (Food Chains) خاصة مع عديدة الموائل منها (Ploypagus) وإذا ما أخذنا في الاعتبار تأثير أعدائها كثيرا بواسطة العمليات الزراعية ودرجة كثافة تواجد الأعداء الحيوية خاصة المفترسات والتي يتأثر مجموعها كثيرا بمتبقيات المبيدات الموزعة بين حبيبات التربة والتي غالبا ما يكون توزيعها غير منتظم أفقيا ورأسيا وتختلف كمياتها الواصلة للتربة تبعا لنوعية وكثافة الكسلة النباتي .

الآليات الطبيعية لهدمها (Physical Mechanisms of Degradation) :

١- التطاير (Volatilization) :

لا يعد التطاير ميكانيكية مسئولة عن اختفاء متبقيات المبيدات من التربة كمكون بيئي ولكن يمكنه أن يلعب دور هام في حركة (Moving) جزيئات المبيدات من مكان لأخر وهو في حد ذاته ما يتضمن انتقالها من مكان نشط لأخر له صلة بالهدم والعكس صحيح . ويعتمد معدل التطاير في المقام الأول على الصفات الطبيعية لجزيء المركب فنقطة غليان (Boiling point) المركب هي مقياس لدرجة تطايره كما تختلف محاليلها فيما بينها من حيث قيمة الضغط البخاري (Vapor pressure) على درجة حرارة معينة فعلى درجة الحرارة العادية يكون للكثير من المبيدات ضغط بخاري عالي وبالتالي لها نقط غليان منخفضة ونتيجة ذلك يتم تطايرها سريعا .

والضغط البخاري لجزيئات المبيدات الموجودة بين حبيبات التربة لها صلة كبيرة بدرجة انمصاصها بين حبيبات التربة كذلك تزداد معدلات التطاير لجزيئات المبيدات الحشرية والحشائشية من التربة الرطبة عن مثيلاتها الجافة وهو ما يعزى إلى حدوث عملية لإحلال جزيئات الماء محل جزيئات المركب المنصصة على مواقع سطح التربة في حين يقترح البعض بأن يكون الفقد نتيجة لظاهرة التكثيف (Co-distillation) والتي تشير ضمنا بأن التبخر (Evaporation) للماء يحدث عملية التطاير من التربة للأسطح الأخرى أي أن زيادة التطاير لجزيئات السموم من التربة يرجع لإحلال جزيئات من سطح التربة وتكون النتيجة زيادة كثافة البخار أو الضغط الجزيئي للمبيد وهذا التفسير عضد بقوة نتائج الدراسة التي وجد فيها أن محتوى التربة المائي يؤثر على الفقد في التطاير للسموم الهيدروكربونية الكلورونية من خلال المنافسة على مواقع الانمصاص وأن الفقد في الماء كما حدث لا يؤدي لزيادة معدل التطاير بالتكثيف ولكن يزيد تركيز جزيئات المركب في المحلول وهواء التربة مما جعلها أكثر استعدادا للتطاير بالهواء الجوي .

٢- الانمصاص على الجسيمات (Adsorption to particulate) :

يعني الانمصاص من الوجهة الكيميائية الطبيعية التصاق (Adherence) الذرات أو الجزيئات أو الأيونات من أي نوع بالسطح الصلب أو السائل ،

وطالما أن المبيدات وغالبيتها مواد عضوية فإنها تكون مهيأة للانمصاص بالأسطح المختلفة وهنا يلعب الانمصاص دور هام وسطحي في انهيار جزيئات المبيدات في البيئة فتثبت جزيئاتها على الأسطح تكون جاهزة للانهيار الكيميائي أو التمثيلي أو بتجزئتها خلال محلول التربة .

أما بالنسبة لانتقال جزيئات المبيدات للميكروكلورا فربما يحدث بالتطفل (Parasitism) أو بواسطة (Saprophytism) أو بالتجزئي (Partitioning) . وعملية الانمصاص غاية في التعقيد وربما تتضمن عملية تبادل أيوني أو منح بروتون (Protonation) أو تكوين أملاح هيمية (Hemi Salt Formation) أو أيونات ثنائية القطب (Dipole ions) أو من خلال تفاعلات تساهمية (Coordination Interaction) أو بروابط هيدروجينية أو بقوى فاندر فالس أو بروابط باي .

وبسبب تركيبها الطبيعي والذي يتيح لها مساحة مسطح كبيرة نسبيا بالنسبة لمعدل حجمها في نفس الوقت تعد معادن التربة المسئول الرئيسي العام عن انمصاص جزيئاتها وهنا بمجرد انمصاصها فإن الكثير منها ينهار من خلال أنظمة كيميائية أو بتفاعلات بيوكيميائية تتوسطها الكائنات الحية الدقيقة كما يعد التحلل المائي لها من أمثلة التفاعلات السريعة الحادثة لجزيئات السموم المدمصة بأسطح الحبيبات خاصة بالتربة الرطبة وأشادت نتائج الدراسة بالأشعة تحت حمراء بأن التحلل المائي المحفز (Catalytic) للعديد من جزيئات السموم الفوسفورية العضوية بالتربة خاصة المحتوية منها على نحاس (Copper) أما تفاعلات التحلل المائي لبعض السموم الفوسفورية العضوية كالديازينون والبيجون في التربة الطينية السلتية يكون دالة لمستوى أس تركيز أيون الهيدروجين بالتربة .

٣- الذوبان في البيئة المائية (Solubility In Aqueous Media) :

يلعب الماء دور هام في اختفاء جزيئات السموم في التربة رغم ذوبانها حيث يجعلها أكثر جاهزية لكل من تفاعلات الهدم الكيميائية والبيوكيميائية فمع أغلب السموم فهناك ميكانيكية بواسطتها تحدث إزاحة لجزيئات المركب المدمصة على سطح التربة بجزيئات الماء وبالتالي تعد أكثر جاهزية للهدم الميكروبي . وبعض السموم خاصة جزيئات مبيدات الحشرات والتي تذوب بنسبة بسيطة فإن الماء يخدم هنا كوسط حامل وبالتالي تكون أكثر استعدادا للانتقال خلال الأنواع النباتية كذلك لعملية التشرب (Leaching) من طبقات

التربة العلوية التي تليها الغير ملوثة فيخف تركيزها تدريجيا خاصة بالتربة المجاورة أو المتاخمة للمسطحات المائية (بحيرات - أنهار) .

٤-زراعة التربة (Soil Cultivation) :

تؤدي خدمة زراعة الأرض إلى التأثير على مآل جزئيات السموم خاصة السموم الذاتية منها في الماء والتمطيرة نسيبا ٠٠ فالدنت والديلدرين من المبيدات العالية الثبات والمعاملة بمعدل ٤ باوند / أكر بالبريمة لعمق ٤-٥ بوصة وعوملت أخرى بواسطة أقراص حيث وجد أن بعد المعاملة بعشرة سنوات أن التربة المعاملة بالمركبين بهيئة أقراص تحتوي على ٤٤% دنت و ١١% ديلدرين بينما الأخرى تحتوي على ٣١% دنت و ٥% الدرين في صورة أما من حيث دراسة تأثير الغطاء النباتي وكثافته على مآل الالدرين في والهيبتاكلورفي التربة حيث تمت معاملة التربة في الطبقة من ٤-٥ بوصة السطحية وبعد ١١ سنة وجد أن التربة المنزرعة بكساء نباتي والأخرى المخدومة فقط كانت تحتوي على متبقيات معدل الفقد بها ٧٦-٨٢% .

٥- الانهيار الضوئي وآليته (Photodecomposition and Photo mechanism) :

من المعروف أن الضوء في منطقة الأشعة فوق البنفسجية من الطيف يحتوي على طاقة قادرة على حث التحولات الكيميائية للجزئيات العضوية ولهذا قبل أن تدخل مادة في تفاعل ضوء كيميائي يجب وأن يكون لها المقدرة على امتصاص الطاقة من ضوء موضع مناسب من مدى الطيف الكهرومغناطيسي فعندما تمتص الطاقة من ضوء الأشعة فوق بنفسجية فإن إلكترونات الجزيء تتأثر وتضطرب وربما يسبب ذلك كسر الروابط الكيميائية أو تكوين روابط أخرى جديدة والنتيجة ربما تكون فلورومنس (Fluorescence) أو امتصاص (Absorption) للطاقة .

فأغلب مبيدات الحشائش الشائعة يحدث لها أقصى امتصاص في المنطقة بين ٢٢٠ - ٤٠٠ نانوميتر وامتصاص الضوء خلال هذا المدى كافى لحدوث تغير كيميائي بجزيء المركب .

ومع أن انبعاث الطيف من الشمس يكون منتشر لحد بعيد وأن الطاقة الشمسية الواصلة للأرض تكون ذات طول موجي أقل من ٢٩٥ نانوميتر غالبا ما تهمل وتشمل الأشعة فوق البنفسجية المدى بين ٤-٤٠٠ نانوميتر أما

الضوء ذو الأطوال الموجبة الأكبر من ٤٥٠ نانوميتر فيمثل طاقة ذات مستوى أقل من ٦٥ كيلو كالورى/مول لا يمكن عادة أن يؤدي لتغيرات كيميائية إلا إذا كان للمركب قدرة على الامتصاص الكافي في كل هذه المنطقة (فالرابطة بين ذرتي كربون تتطلب ١٠٠ كيلو كالورى/مول لكسرها) ويجب الأخذ في الاعتبار أنه عند استخدام مصادر مختلفة من الأشعة فوق البنفسجية يجعل من الصعب في بعض الأحيان مقارنة النتائج الخاصة بها من حيث قيم الهدم الضوئي الناتج عنها كذلك فتفاعلات الهدم الضوئي في الدراسات المعملية من الصعوبة بمكان الحصول على نفس نتائج بياناتها (Reproducible) عند إعدادتها تحت الظروف الحقلية .

والتفاعل الضوئي (Photoreaction) لجزيئات المبيدات يكون في صورة أكسدة ضوئية (Photooxidation) مع بعض التفاعلات الضوئية الاخرى فطالما أن الأكسجين أكثر كهروسالبية (more electronegative) وكشقوق فإنه يتفاعل مع الجزيئات الأخرى في وجود الضوء بعدة آليات تشمل تفاعلات الشقوق الحرة المباشرة وانتقال الطاقة لمادة التفاعل المتأكسدة وإثارة الأكسجين نفسه . وعندما تتكون الشقوق الحرة من الطاقة الضوئية فيمكنها التفاعل مع الأكسجين الجزيئي لتكوين شقوق فوق أكسيدية (Peroxy radicals) والتي بدورها قادرة على حدوث تفاعلات أخرى لاحقة مثل نزع الهيدروجين (Abstraction) من مادة التفاعل العضوية وتكون شقوق متسلسلة .

ولحدوث تفاعل ضوئي فمن الضروري عادة لمادة التفاعل المتفاعلة أن تمتص مباشرة طاقة الإشعاع ذات الطور الموجي المناسب للإثارة وفي بعض الحالات تكون مادة وسيطة وغالبا ما تسمى بالمستشعر (Sensitizer) تمتص الطاقة الضوئية وبالتالي تنقلها للمركب موضع التفاعل ولذا يخدم المستشعر كمركب وسطي في نقل الطاقة .

فالديلدرين يتحول لمركب يسمى فوتوديلاين (Photodieldrin) نتيجة للتفاعل الضوئي بالإضافة كذلك يدخل تفاعل لاحق بإزالة الكلور ويتكون مستق خماسي الكلور . كذلك يتحول مركب الدنت خلال تفاعلات تحول ضوئية قد تكون بطيئة نوعا ما كذلك فالأكسدة الضوئية للبيرثرين والروتينون كانت النقطة المحددة لاستخدام مبيدات أقل في درجة سميتها إلا أن بعضها مشتقات أكثر سمية كمركب الفوتو ديلاين من الديلدرين والباراكسون أكثر سمية من الباراثيون ويلاحظ زيادة حساسية جزيئات

مركب الأميتروزل المقاوم لفعل الضوء المباشر ذو الطول الموجي الأكبر من ٢٦٠ نانوميتر حيث يبدأ امتصاص الضوء ذو الطول الموجي القصير ولكن عند وجود الريبوفلافين في المحلول المائي له يتحلل سريعاً حتى في وجود الضوء ذو الطول الموجي الأكبر من ٣٠٠ نانوميتر وهو يماثل ما لوحظ مع التحلل الضوئي السريع للندت في وجود الأمينات كموايد مستشعرة للضوء أو كمنشطات توجد طبيعياً خاصة في المكون البيئي المائي بين حبيبات التربة حيث يساعد في الاتهيار الضوئي لجزيئات السموم .

فالألدرين لا يمتص الضوء الأكبر من ٢٥٠ نانوميتر ولكن في وجود المنشطات كالأستون يحدث له أكسدة ضوئية ويتحول إلى ديلدرين دون تدخل الأكسجين كذلك يحدث تداخل بين جزيئات السطوح المعرضة للضوء حيث تؤدي لتغيرات في الصفات الطبيعية والكيميائية لها من خلال تأثير المجموع القطبية وغير القطبية عند منطقة السطوح فيتعرض الجزيء للأشعة وإثارته (تشتيع) يظهر سلوك ضوء كيميائي لتغير في علاقات الطاقة للحالات الإلكترونية النشطة ولهذا يزداد معدل الهدم لجزيئات السموم المدمصة على مواد عما لو كانت في صورتها المنفردة .

ولقد وضعت وكالة حماية البيئة الأمريكية علامات تمكن من التنبؤ بمعدلات الاتهيار الضوئي للمبيدات بتعرضها لأشعة الشمس.

ويلاحظ أن التفاعل الضوئي الهادم لجزيئات المركب في التربة قد يأخذ عدة مسارات :

- ١- أكسدة ضوئية (Photooxidation)
- ٢- تحلل مائي ضوئي (Photohydrolysis)
- ٣- ديهلجنة ضوئية (Photodehalogenation)
- ٤- مشابهاة ضوئية (Photo isomerization)

وعموماً فمعدل الاتهيار الضوئي لجزيئات السموم يتوقف على :

- ١- معدل الامتصاص الجزيئي للضوء في نطاق منطقة ذات طول موجي معين حتى يحدث التفاعل .
- ٢- مكونات الضوء الممتص والذي يوصل الجزيء للحالة النشطة.
- ٣- احتمالية فقد الطاقة التي امتصتها الجزيء من الأشعة بعد اصطدامها به.
- ٤- احتمالية انتقال الطاقة من الجزيء الذي امتصها وأصبح في حالة مثارة إلى جزيئي آخر وهو ما يشير لحدوث تفاعل ضوء كيميائي لجزيئات

دون امتصاصها للضوء مباشرة حيث تنتقل الطاقة هنا في صورة انتقال للشحنات (Charge transfer) .

٦- تأثير الظروف الجوية (Weather Condition) :

فتؤثر الحرارة والندى والرطوبة والضوء على مستوى توزيع السموم خاصة مبيدات الحشرات على توزيع حيوانات التربة ففي الحرارة العالية خاصة مع المحتوى الرطوبي العالي تنشط فتزداد فرصة ملامستها للرش و من جهة أخرى تزداد خطوة التحليل الميكروبي والكيميائي وعمليات غسل جزيئات المركب من على حبيباتها . أما في حالة ارتفاع الحرارة مع رطوبة منخفضة فإنها تبطل العمليات الميكروبية وتهرب الحيوانات للطبقات السفلى في حين يقل تحليل وغسل جزيئات المركب وتتركز على السطح . أما في حالة انخفاض الحرارة مع رطوبة متوسطة فإن نشاطها يقل أو يتوسط وبالتالي تقل ملامستها لجزيئات السموم وينخفض معدل التحليل الميكروبي وغسل وشرب المتبقيات فيتناقص تركيز المركب أما في حالة الجفاف فيقل معدل حدوث هذه العمليات ولا تتأثر الحيوانات .

٧- تأثير الحركة والتأثير الطارد على التعرض (Mobility & Repellency) :

نظراً لعدم توزيع جزيئات الملوثات والمبيدات في التربة فإن الأنواع المتحركة النشطة كالعناكب والخنافس والنحل تصبح أكثر المجموعات تعرضاً كذلك قد تتناول المفترسات متبقياتها أثناء تغذيتها على فريستها إلا إذا كانت لهذه المتبقيات تأثير طارد فتبتعد عن الأماكن المعرضة وتؤدي لدخول المتبقيات عن طريق جدار جسمها أو القصبات الهوائية بمقارنتها مع مثيلتها الغير نشطة .

٨- التأثير الحيوي (Biological effect) :

ويقاس على مستويات مختلفة من النظم الحيوية كالعمليات الفسيولوجية والبيوكيميائية وتقلبات المجموع وتغيير النظام البيئي خاصة في تجارب علم السموم أما بالنسبة لحيوانات التربة فلم تلقى مثل هذا الاهتمام رغم تأثيرها الواضح على هدم وتحليل جزيئات المتبقيات وقد تؤثر الحالة الفسيولوجية على تحلله كما يؤثر معدل التغذية أيضاً .

وبالنسبة لدراسة تأثير النظام البيئي فما زلنا بعيدين عن عمل تقرير كامل لسلسلة المتغيرات الحادثة للأنواع مع النظام البيئي وهذا بدون شك يغير طريقة تقدير التأثيرات الجانبية ولإجراء تقدير أكثر مباشرة لكل الأنواع وصلتها بوظائف البيئة يمكن أن يتم بالتركيز على بعض العمليات المحددة مثل تحليل الفضلات أو العلاقة بين المقرسات وفرانسها .

٩-التأثيرات الأولية والثانوية :

يمكن معرفة التأثيرات المباشرة بملاحظة التغير في سلوك النمو من خلال الغذاء المستهلك والموت وفترة نصف الحياة ومعدل التكاثر والطول والوزن واتساع علبة الرأس فكل تغير يؤدي بدوره لتغيير في معدل تناولها للمتبقيات كما يؤخذ معدل الانسلاخ لقياس النمو للبيئة جدار الجسم في هذه الفترة وسهولة اختراق جزيئات المتبقيات له إما بحشرات الذنب القافز فعملية الانسلاخ وظيفية إخراجية فتتسلخ بطانة الأمعاء وما تحمله كذلك فمعدل انسلاخ العذاري يمكن أن يكون مؤشر ومقياس مباشر لتحلل المادة العضوية للتأثير على النظام البيئي كما أن دقة الحيوانات أكلة العفن (Sabrophagus) والمتنولة لكميات كبيرة من الغذاء الملوث مقياس هام لانخفاض كفاءة قناتها الهضمية لتمثل كميات كبيرة من الغذاء الملوث .

أما التأثيرات الثانوية لاختلاف التركيب الخضري والمادة العضوية غير المتحللة بالتربة واختلاف الظروف الطبيعية للتربة للمعاملة حيث وجدت علاقة بين الحشائش البرية وحيوانات التربة كما توجد اختلافات كبيرة في حيوانات التربة باختلاف الأسمدة المضافة والنبات الموجود .

ويؤدي تحلل المادة العضوية والنباتية والموت المفاجيء بعد المعاملة آثاره على بعض المجاميع الحيوانية بالتربة وليس واضحا إن هذا التأثير يستمر على المدى الطويل ويتوقف على معدل الاسترجاع للتركيب الخضوي كذلك التغير في الكساء النباتي وتركيب المادة العضوية بالتربة لتغير محتواها الطبيعي والرطوبي . فغياب جذور الكساء النباتي يزيد من تعريتها حتى بالمناطق قليلة المطر بفعل الرياح وتغير الحشائش تركيب النباتات الموجودة بالتربة وبالتالي من ثباتها وبناء التوزيع الطبيعي للمادة العضوية فله تأثير ضعيف على غدد وتوزيع حيوانات التربة ومن الصعب فصل هذه التأثيرات عن بعضها .

الباب الخامس والعشرون

تلوث التربة بالقمامة والفضلات
الحيوانية والآدمية

تفاوت وتختلف نوعية وكمية القمامة والنتيجة من الفرد بتفاوت دخله الاقتصادي سواء أكان دخل عادي أو متوسط عالي كما تختلف باختلاف الفصل من السنة سواء أكان في الصيف أو الخريف أو بالشتاء أو الربيع فعلى سبيل المثال تصل كمية القمامة في فصل :

- الصيف ٠,٤٥ كج / فرد من ذوي الدخل العادية .
 - وترتفع إلى ٠,٤٦٨ كج/ فرد من ذوي الدخل المتوسطة .
 - حتى يبلغ ٠,٥٩٣ كج/فرد من ذوي الدخل العالية.
- بينما تقل نفس القيمة السابقة في فصل الشتاء فتصبح ٠,٣٦٨ كج / فرد و ٠,٤٧٤ كج /فرد و ٠,٦٠٠ كج/ فرد على الترتيب .

كذلك تختلف نوعية القمامة وتركيبها تبعاً لدخل الفرد من السنة ومن مكان لآخر تبعاً لطبيعة المكان والمستوى الثقافي للفرد كما تظهر بالجدول التالي رقم (٢٥-١) .

كذلك تختلف من حيث تكوينها تبعاً لدخل الفرد والفصل من السنة والمكان فقد تكون في صورة مواد عضوية كفضلات وبقايا الطعام المطبوخ وبقايا الخضراوات والفاكهة الطازجة (قشور خضر وفاكهة) بعد نقشيرها أو عصرها كذلك بقايا الخضراوات من أوراق وأغصان وسوق وأعناق بالإضافة لأكياس البلاستيك والورق والجلد والمطاط والأقمشة القديمة (كهنة) والعظام أو في صورة غير عضوية مثل كسر الزجاج والزجاجات الفارغة وصفيح المعلبات والأتربة (أتربة الكس والتنظيف وانقاض المباني المتهمة) والأتربة المعدنية التكوين (والنتيجة من كس المنشآت الصناعية والمعدنية) وقطع الأخشاب .

كذلك تختلف طريقة تلوث التربة بالقمامة تبعاً لطريقة جمعها وإخراجها وذلك باختلاف المنطقة المجموعة منها ففي المناطق الريفية ذات الدخل العالي يتم جمعها بعربات خاصة معدة لجمع القمامة حيث يتم كبسها أو حرقها (تبعاً لنوعية العربة) وهو ما لا يتبع بالمناطق الشعبية ذات الدخل المنخفضة والعادية حيث يتم وضعها في أكياس بلاستيك -لن وضعت (حيث يتم إخراجها من المسكن في جردل ثم يفرغ بالعربة) - وتجمع الأكياس أو محتوى الجرادل في عربات مكشوفة يجذب إليها الذباب المكشوف وباقي الحشرات وتتجمع عليها مخترقة لشوارع العاصمة خاصة وأن أغلب هذه الحشرات تعد ناقلات للأمراض الضارة بالصحة العامة .

تتعد القمامة بمحتواها من المواد العضوية الغذائية هي بداية التلوث وجذب وتكاثر الحشرات خاصة الناقلة منها للأمراض كالذباب والبعوض ونباب اللحم السوداء وذبابة الدودة الحلزونية (الجلد) وتسمى وتسمى ويزداد التلوث بارتفاع الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة بالجو كما تتجذب إليها الزواحف والقطط والفئران بعد تجميعها من العربات (والتي غالبا ما تكون عربات كارو صغيرة غالبا ما يقودها أطفال تعد بدورها بؤرة التلوث علاوة على ما يتساقط منها أثناء سيرها) والتي تنقل أشد الأمراض خطورة كالطاعون كذلك تتجمع حولها الكلاب والتي غالبا ما تكون محملة بالقراد والجرب وحلم الفأر العادي والشوكي والتي تعد بدورها وسيلة فعالة وسريعة في نقل مسببات الأمراض الوبائية من منطقة لأخرى كالتيفود والكوليرا والكبد الوبائي وأمراض العيون خاصة بفصل الصيف) .

جدول رقم (٢٥-١) : تفاوت نوع وكمية القمامة تبعا لمستوى الدخل الفردي

نوع القمامة	مستوى دخل عادي	مستوى دخل متوسط	مستوى دخل عالي
مواد غذائية	٧١,٩٦	٧٢,٩٣	٧٥,٧٣
ورق	١٨,٥٢	١٨,٣٣	١٣,٩٥
بلاستيك	٤,٤٣	٣,٧٣	٣,١
معادن	٢,٢٢	١,٩٨	١,٩١
زجاج	١,٩٧	١,٨٧	١,٨٨
كهنة (أقمشة قديمة وملابس)	٠,٤٥	١,١٩	٣,٨٨
عظام	٠,٤٥	-	-

هذا إذا ما أخذنا في الاعتبار سكان المناطق العشوائية والتجمعات السكانية للمطرقة وقيامها بتربية الطيور بحدائق المنازل وفوق أسطحها وما تحتويه القمامة الناتجة عنها من براز ومواد عضوية وريش وزغب دقيق متطاير بالهواء وما يحمله من ميكروبات ضارة خاصة بأمراض الصدر .

وقد تلقى القمامة بغرض التخلص منها في المصببات أو المصارف أو المقالب المكشوفة على أسطح التربة (كمائن حرق القمامة المكشوفة) أو يتم دفنها بغير في التربة ثم ردمها أو بتحويلها لأسمدة لاحتوائها على نسبة عالية من المواد العضوية من خلال عملية تخمر هوائي تحدث تأثير ميكروبات موجودة بها أصلا حيث تستغرق هذه العملية بين ٤٥-٩٠ يوم خلالها يحدث نوبان لبعض محتوياتها وتتسرب خلال حبيبات التربة و التي قد تصل للمياه الجوفية حالة اقترابها من سطح التربة .

أو تكوم بعد فرزها لمدة عشرة أيام فترتفع درجة حرارتها (٩٠ درجة مئوية) نتيجة التفاعلات بداخلها ثم تقلب وتترك عشرة أيام أخرى ثم تقلب للمرة الثالثة حتى أربعون يوما فتتخفض درجة حرارتها وغالبا ما تحتوي هذه المكونات على أنواع عديدة من الكائنات الحية الدقيقة النافعة والضارة على حد سواء مثل الكلوستريديا (Chlostredia) وهي عصويات التيتانوس والتي تعيش في السماد البلدي وأكوام القمامة والقناء الهضمية لبعض الحيوانات وتحدث العدوى بها عن طريق الجروح وسرعان ما تفرز سموم تصل للدم فتؤثر على المخ حيث أن ١ ملل من سم هذه البكتريا كافي لقتل عشرة آلاف شخص .

وقد تحتوي هذه المخلفات في بعض الأماكن على مخلفات محطات بنزين (والتي يتم صرف قمامتها السائلة مع مياه الصرف العادية - مجاري) أو على مخلفات محطات توليد الكهرباء ومخلفات محطات تكرير البترول والتي يتم صرفها فتلوث التربة المحيطة بها أو قد تجمع وغالبا ما تكون بصورة مكشوفة أو أثناء نقلها من مصدرها لمكان تجمعها مما يؤدي لتطايرها فسي الهواء أثناء النقل (فزيوت البترول ببساطة خليط من ألكانات تحتوي على ١% بالوزن هيدروكربونات حلقية) .

تلوث التربة بالفضلات الحيوانية والأمية

يتم تلوث التربة بالفضلات الحيوانية كروث المواشي والدواب والطيور خاصة عندما يقذف بها في طرقات القرى ابتداء من منزل الفلاح وحتى حقله - حظيرة مواشيه ذهابا وإيابا (وقد تكون الحظيرة ملحقة خلف منزل الفلاح من الناحية القبلية فتكون بؤرة تلوث بجانب منزله) فعلى سبيل المثال قرية بها ألف فلاح وكل منهم يملك جاموسة أو بقرة واحدة وحمار وخروف وكلب

يتحركوا كل صباح من القرية إلى الحقل والعودة لمسافة ٢-٣ كيلو متر يوميا أثناءها يفرغ كل منهم حمولته بأرض الطريق فيمكننا بذلك التخيل كم طن يمكن تركهم يوميا وتصل إلى كم طن / شهر أو لمدة سنة ذلك علاوة على ما يتسبب فيه هذا الروث (الفضلات الحيوانية) من جذب العديد من الحشرات خاصة الناقلة منها للأمراض الوبائية ثم تجمعها وتكاثرها عليه .

أما مخلفات الإنسان نفسه خاصة في القرى فتصرف في بيارات خلف المنزل وتنخفض عن سطح الأرض بمتراً أو مترين وتصل لثلاثة على الأكثر ويتفاقم الضرر هنا أكثر عندما يكون سطح مستوى المياه الجوفية بالأرض عالي فإنه يمكن لمخلفات هذه البيارات من الذوبان والتخلل بين حبيبات التربة وتسربها تدريجياً ووصولها سريعاً وفي فترة قليلة لمستوى المياه الجوفية وهنا يكون الضرر أعظم لو كان يعتمد في شربه للماء على طلمبات رفع يدوية ترفع المياه الخاصة بالشرب من مستوى لا يزيد بأي حال عن ٧ أمتار طول عمود الهواء لدخل ماسورة المياه والتي يمكن للطلمبة رفعه حيث تكون هذه المياه ملوثة بدرجة كبيرة خاصة *Chostredia* , *E. coli* .

أما في المدن فقد يحدث في بعض الأحيان ويتم الصرف في مياه البحر أو النهر مما يؤدي لتلوث المياه الإقليمية للشواطئ خاصة وأن حركة الأمواج تكون في اتجاه نحو الشاطئ.

وقد يحدث تلوث التربة ليس فقط بفضلات الحيوانات ولكن بمياه صرف المذابح والسلخانات الملوثة بالدم من بكتريا وفيرس وأوليات ونفايات الذبيح وما تحمله من ميكروبات وطفيليات ضارة بالصحة تدفن في حفر بالأرض والتي يصل رشحها في النهاية للمياه الجوفية القريبة من السطح أو تصرف بمياه المجاري فتؤدي لسدها فتخرج منها وتطفو المياه الملوثة وما تحمله وتنطفي سطح الأرض وهو ما يحدث يوميا بشارع مجرى العيون ويتم تناقل الميكروبات بها بجعل السيارات التي تتحرك يوميا على هذا الطريق إلى شارع القصر العيني حيث أقدم وأكبر مجمع طبي بالقاهرة أو لكوبري المنزل حيث أكبر مستشفى أو طريق الكورنيش حيث قلعة المعادي الطبية .

كذلك إذا ما أخذنا في الاعتبار جلد الحيوانات المسلوخ وأمعانها عند معاملتها وتجهيزها صناعياً حيث يتم فرد ملايين الأمتار في مناشر فوق سطوح الورش الخاصة بذلك وما يتجمع عليه من حشرات وميكروبات تنقلها الرياح لمناطق سكنية مجاورة مزحمة بالسكان .

الباب السادس والعشرون

حركة جزيئات السموم والملوثات البيئية
في التربة / ترسبات

حركة جزيئات السموم في التربة / ترسبات

(Toxicants mobility through Soil / Sediments)

تتحرك جزيئات السموم في صورة محلول أو كائنات لجزيئات التربة المنمصة عليها جزيئات السموم أو عن طريق أبخرة المركب السام المتطاير خلال حبيبات التربة . وتؤثر حركة جزيئات السموم البيئية في التربة على فاعليتها البيولوجية (السمية) ومدى ثباتها ودرجة تلوثها ومستوى تلوثها للماء الأرضي (Ground water) .

وحركة جزيئات السموم بالتربة إما :

١-حركة سطحية (Surface movement) :

حيث تتحرك جزيئات السموم حركة سطحية على سطح حبيبات التربة سواء بالرياح أو بمران الماء على سطحها . ويتحكم في معدل حركتها معدل نفاذية سطح التربة (مسام التربة:المسافات البينية بين حبيبات التربة) وسرعة الترسيب وطبوغرافية السطح حيث يحدث ترسيب عالي في التربة قليلة النفاذية والمحتوية على محتوى عالي من الطين أو المواد العضوية من هنا تتساقط من عليها الجزيئات خاصة للأنهار خاصة في وجود تيارات هواء وعواصف . كذلك فسطح التربة المنحدر أو المتبل يشجع عملية السريان (Dripping) وبالتالي يزداد تآكل وتفتت التربة فيقل الترشيح وتزداد الحركة السطحية ويؤكد ظهور بعض المخلفات متوسطة الثبات والحركة على فترات بعد تيارات الهواء والعواصف والأمطار .

٢-حركة تحت سطحية (Sub- Surface movement) :

حيث تتحرك جزيئات السموم رأسياً في منطقة الهواء أعلى الماء كما يحدث تحرك جانبي : أفقي (Horizontal movement) عندما يصل إلى حالة تشبع بالماء أو لحبيبات تربة مجاورة جافة نسبياً عن الأولى وقد يحدث تحرك لجزيئات السموم مع الماء لأعلى (Up-ward movement) كما يحدث تحرك لأسفل (Downward movement) عند حدوث جفاف بالسطح تعاقب حلقات الرطوبة والجفاف الطبيعي بالتربة يؤدي لتمائل توزيع جزيئات السموم

بالمعمل وهو عكس ما يحدث بالطبيعة وعموما تعتمد الحركة تحت السطح على معدل ذوبان الجزئيات بالماء أو الانتشار عليه .

العوامل المؤثرة على حركة جزئيات السموم بالتربة :
تتأثر حركة جزئيات بالعديد من العوامل المتوقعة على الصفات الطبيعية للتربة ولجزئي المركب السام .

١- الامتصاص (Adsorption) :

حيث يعد عامل الامتصاص من أهم العوامل المؤثرة على سلوك حركة جزئيات السموم بالتربة كما يحدد معدل الامتصاص التأثير السام للمركب ومعدل انهياره الضوئي والكيميائي والميكروبي وكذلك معدل تطايره وتبخره ونشربه .

وترتبط مدى حركة جزئيات السموم بالتربة سلبيا بمعدل الامتصاص كما في حالة جزئيات السموم الفوسفورية العضوية وجزئيات السموم غير الحامضية .

في حين يرتبط معدل الامتصاص ايجابيا مع محتوى الطين وسعة التبادل الكاتيوني له حيث يرتبط معدل التبادل الكاتيوني سلبيا مع درجة التشرب (Leaching) لجزئيات السموم بين حبيبات التربة .

كذلك يرتبط معدل الامتصاص ايجابيا وطرديا مع محتوى التربة من المادة العضوية فيزيد معدل الامتصاص بزيادة المحتوى العضوي وفي نفس الوقت يقل معدل التشرب ومعدل الانفراد (Release) وهو ما يرجع إليه ببطء حركة الجزئيات في التربة الطينية الثقيلة والغنية بالمواد العضوية والعكس ما يحدث مع التربة الخفيفة أو الرملية .

٢- معدل ذوبان المركب (Solubility) :

حيث تتحدد قدرة جزيء المركب السام على الحركة والانتشار في الماء المتحرك بين حبيبات التربة بمعدل ذوبان جزئيات المركب السام بالماء .
ولقد لوحظ معامل ارتباط سلبى قسوى بين معدل الذوبان ومعدل الامتصاص كذلك يؤدي زيادة تركيز الجزئيات السامة لزيادة معدل التحرك خاصة في التربة الرطبة .

٣- معدل وكيفية السريان (Movement Flow & Rate):

زيادة مستوى محتوى التربة الرطوبي يؤدي لزيادة معدل حركة جزيئات المركب وتسربها لأسفل (Mobility & leachability) خاصة ما إذا كانت جزيئات السم متحركة أما إذا كانت جزيئات السم غير متحركة فلن التغير في معدل حركة الجزيئات السامة يكون غير محسوس .
وتؤدي إضافة الماء لتعقيدات خاصة عند مقارنة الرطوبة الحقيقية للتربة وتلك الناتجة عنه .

ولقد وجد أن لنوعية التركيب الكيميائي للجزيء أثره على الحركة فالسموم الحامضية تنوزع لأعماق كبيرة بالتربة الرطبة عن مثيلتها الجافة .

٤- تجهيزه جزيئي السم (Formula) :

يزداد معدل حركة جزيئات السموم المجهزة على مادة شديدة التفريق مثل كبريتات الألومنيوم وكلوريد الحديد والكبريتيك بينما تعطي الأحماض العضوية الغير ذاتية في الماء أو الصابون الأميني الاتجاه المعاكس على حركة جزيئات السم ، ومما يزيد أثره الباقي زيادة التركيز على السطح تحت الظروف الرطبة . ولتجهيزه المركب أثر على السمية الاختيارية (Selective toxicity) فالصورة المحببة (Granulated) والمساحيق القابلة للبلل (Wettable powders) والمستحلبات (Emulsifiable) تعمل بدورها على اختلاف درجة بلل الحبيبات وبالتالي درجة الانمصاص أو الامتصاص والانتقال بين حبيبات التربة وقد يؤدي وجود المواد المساعدة ودرجة تركيزها (Adjuvants) إلى زيادة هذا التأثير .

٥- معدل انهيار الجزيء (Degradation rate) :

لمعدل انهيار جزيء المركب السام أثره على تحرك جزيئات السموم بالتربة عن طريق خفض كمية الجزيئات الواصلة لأعماق التربة ولقد تم رسم منحنيات توضح العلاقة بين التركيز والعمق مع أخذ فترة نصف الحياة كأساس لدراسة العلاقة . وقد يتحد الانهيار الكيميائي مع عمل الانمصاص الكيميائي ويثبط فعل عامل التشرب والحركة والعكس فجفاف التربة الجيرية مثلا يقلل من انهيار للمركبات حيث يزداد التحرك بالتربة الجيرية .

٦-الصفات الطبيعية والكيميائية للتربة :

يلاحظ أن معدل حركة جزيئات السموم يكون أسي في التربة الرملية فالخفيفة ثم الثقيلة ويرجع ذلك لقوام التربة (soil texture) وتركيبها الكيميائي والذي يرجع إلى :

- انتشار جزيئات المركبات في الفراغات الهوائية الموجودة بين حبيبات التربة الرملية والخفيفة عن مثيلاتها الثقيلة خاصة المحتوية على محتوى عضوي كبير وكذلك خاصة مع جزيئات السموم ذات الضغط البخاري العالي كالمخففات (Fumigant) فانتشاره وتحركه مع الهواء أهم من اتسابه لأسفل مع الماء خاصة مع جزيئات السموم المتطايرة لأعلى والعكس حيث يلزم سنين لتحرك ١% من التركيز الموجود بالسطح لعمق قنمين بالأرض الرطبة وهو ما يشير بأن الاتسباب مع الماء ليس هو العامل الأساسي لتحرك هذه السموم بين حبيبات التربة .
- انتشار جزيئات السموم في المحتوى الرطوبي للتربة ثم التحرك لأسفل ولأعلى مع مياه التربة .
- التحرك لأعلى محدد بسلوك ومال جزيئات السموم في التربة الرطبة حيث فيها النسبة بين البخار والرشح عالية فتؤثر على تحركها وثباتها .
- ويرجع التحرك لأعلى نتيجة ذوبان جزيئات المركب السام في الأتاييب الشعرية المناسبة خاصة في وجود المطر ودرجة الحرارة المرتفعة ، في حين يرجع التحرك الأفقي (للجانبين) لأساييب الماء الشعرية تحت ظروف الري .
- كذلك فلحجم المسمام وتوزيعها دورة على معدل حركة الجزيئات المركب السام خلال حبيبات التربة فتؤثر على انتشار الحزم التي تصل لماء التربة له أهميته الكبرى بيولوجيا حيث يؤثر معدل تحرك الماء على طبيعة الأثران بين الجزيئات بالمحلول على الأسطح الفردية .

ويتطبق قانون فيك (Fick's Law) لانتشار جزيئات الملوث بهواء وماء للتربة ومادتها العضوية حيث معدل وانتقال هذه الجزيئات يتناسب مع تركيزها ومعامل الانتشار لها فمعامل الانتشار كما سبق هو وزن المادة المنتشرة خلال مستوى مساحة مقطعة اسم^٢ شرط أن التدرج في التركيز

مساوي للوحدة فمعامل انتشار جزيئات الملوث في الهواء أكثر كثيراً من الماء فيصل إلى ١٠,٠٠٠-٣٠,٠٠٠ مرة ضعف الماء عن طريق مـرـيـان ورشح الماء لأسفل أما جزيئات السموم والتي تصل نسبة توزيعها بين الماء والهواء > ١٠,٠٠٠ تفقد أساساً عن طريق هواء التربة وعليه فمعدل فقدتها من التربة يتناسب عكسياً مع نسبة توزيعها بين الماء والهواء أو بين المادة العضوية والماء بالتالي فثباتها بالتربة يتناسب مع هذه النسب إذا لم يحدث لها انهيار وبفرض عدم تحطيمه فإن الكمية اللازمة من جزيئات مركب سام للحصول على جرعات مناسبة منه وعلى مسافات متساوية ستقل بزيادة النسبة بين معامل التوزيع بين الهواء والماء أما إذا كان ذوبانه في الماء بدرجة ضئيلة جداً فإنه لا يتعدى انتشاره لعمق عدة بوصات سطحية .

وبالنسبة لحركة وتشرب المياه لأسفل بقطاع من التربة (Leaching) فإن جزيئات الملوث التي تذوب تتحرك مع تيار الماء وتنتشر بسرعة بالتربة كلها إلا أن جزيئات المركب لا تصل للعمق الذي يصل إليه جزيئات الماء لأن ذلك يتناسب عكسياً ونسبة التوزيع لجزيئات المركب بين الماء والمادة العضوية كذلك فالعمق الذي تصل إليه جزيئات الماء تقل بنقصها أو بزيادة السعة الحقلية أي بمقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء . أما في حالة افتراض حدوث تحطم لجزيئات المركب (تحطم طبيعي - حراري - تحلل مائي - كيميائي - أكسدة ٠٠) أو تحطم حيوي ويعزى إليه معظم الفقد وهنا يكون تركيز جزيئات الملوث ضئيلة بالنسبة للنشاط الحيوي لهذه الكائنات الحية الدقيقة فإن حركية التفاعل تصبح من الدرجة الأولى ويزداد معدل التحطم بالحرارة والرطوبة .

ومن الأهمية بمكان الأخذ في الاعتبار أن مناقشة العوامل المتداخلة مع بعضها تفيد الباحث في التكهن والتنبؤ بسلوك متبقيات مادة سامة ذات تركيب بنائي معروف لحبيبات التربة .

فجزيئات السموم التي نسبة توزيعها بين الماء والمادة العضوية وبين الماء والهواء مرتفعة لا تتحرك خلال قطاع التربة عن طريق الهواء أو الماء وتقف مكانها .

أما جزيئات السموم ذات الضغط البخاري العالي ومعدل الذوبان المنخفض تتحرك في الطبقة السطحية من التربة (٠-٣٠ سم) .

أما جزيئات السموم التي نسبة توزيعها بين الماء والمادة العضوية بالتربة مرتفعة يكون بقائها بالتربة مفيد وكلما قلت هذه النسبة كلما زادت أهمية توزيعها في قطاع التربة بالماء .

أما جزيئات السموم التي نسبة توزيعها بين الماء والهواء بالتربة قليلة فإنها لا تنتشر ولا يحتاج لخلطها أو نقلها بالتربة .

في حين أن جزيئات السموم التي نسبة توزيعها بين الماء والهواء بالتربة كبيرة > 200 وتذوب في الماء (أقل من جم / 100 سم^3 ماء) فإن فقدتها بالتطاير (Volatilization) بطيء.

جزيئات السموم التي نسبة توزيعها بين الماء والهواء بالتربة قليلة > 200 (أقل من جم / 100 سم^3 ماء) فإنها تتطاير سريعاً وتصبح بمثابة مادة ملوثة سامة مدخنة لحبيبات التربة .

ومن المناقشة السابقة يتضح منها أهمية الإلمام بالثوابت الخاصة بجزيء الملوث السام مثل ضغطه البخاري (Vapor Pressure) وقاعدتيه أو حامضيته ودرجة ذوبانه في الماء حتى يتسنى التنبؤ بمآل هذه المتغيرات السامة خاصة من خلال عمليات التحليل الرياضي ويسهل حساب الزمن اللازم لاختفاء جزيئات هذا الملوث .

الباب السابع والعشرون

قياس سلوك البخر والفقد البخاري

لجزئيات السموم والملوثات البيئية من التربة

لقد تلقت السموم الزراعية أغلب الإهتمام في دراسة سلوكها ومآلها في التربة كأحدى مكونات النظام البيئي وذلك عن الملوثات الكيميائية الأخرى سواء من خلال تطايرها أو انتشارها (Dispersion) لمسافات أبعد وأوسع من أماكن تصنيعها أو استخدامها أو التخلص منها (بدفنها كتفاريات) أو من خلال المنتجات والبضائع المستهلكة والمحتوية عليها والمراد التخلص منها بدفنها بالتربة أو البقايا الخطرة من بعض مصانع تخليق هذه السموم والتي تصرف (Disposed) في حفر تروم (Land Fills) بتربة أو تترك بدون ردم وتسمى بالبركة (Lagoons Acid pits) ومن هنا تدخل هذه السموم مرة أخرى دورتها للجو بالتطاير (Volatilization) أو البخار (Evaporation) سواء أكان ذلك أيضاً بطريق مباشر أو غير مباشر وهكذا وكما سبق الذكر فإنه لا يمكن منع دورة السموم في مكونات النظام البيئي حيث يبدأ فعلها الموضعي بالغلاف الجوي (Local action) لا يلبث وأن يصبح محلي : (Local effect : Nearest after effect) بتربسها منه على التربة والمسطحات المائية والذي بدوره يتحول لفعل إقليمي خاصة مع السموم عالية الثبات بهجرتها خلال مجاري الأنهار وبطول ضفتيها (Flood plains) حتى ينتهي بفعل شامل : (Very remote after) ويساهم في ذلك حركة هذه الجزيئات السامة مع التيارات الهوائية على سطح الأرض والعواصف وهجرة الطيور والحيوانات الملوثة بها وحتى من خلال الإنسان نفسه بتفلاته .

وتعد إحدى طرق التحكم والتي يحتاج إليها لاستخدام التربة كوسط للتخلص من بقايا متبقيات السموم هي المقررة على التحكم والسيطرة على التبخر في متبقياتها حيث تتضمن المناقشة التالية انتقال جزيئات هذه السموم العضوية خلال الجو والميكانيكية المنتقلة بها والعوامل المؤثرة على معدل انتقالها بالآية البخار والطرق المستخدمة لتقدير الضغط البخاري والفقد فيه .

الصفات الطبيعية والكيميائية وسلوك التبخر

:(Physicochemical Properties and Vapor behavior)

يرتبط جهد البخار لأي مادة كيميائية بالضغط البخاري لها (Vapor pressure) حيث يعتمد معدل البخار بدوره على الظروف البيئية المحيطة بالعوامل منها

والتي تضعف (Attenuate) الضغط البخاري أو سلوك هذه المادة عند تداخل الوسط : صلب/ هواء أو سائل / هواء .

ويعتمد التبخر من السطح المترسب عليه السموم أو الملوثات البيئية فقط على الضغط البخاري لهذه المادة كذلك معدل حركة جزيئاته من السطح المبخر ، فالتبخر من الأنظمة المائية والتي لا يعتمد فقط على الضغط البخاري للمادة الكيميائية ولكن أيضا على معدل ذوبانها في الماء .

أما التبخر من التربة فيتحدد فيه معدل الذوبان والامتصاص والضغط البخاري وبالتبعية فليست هناك صفة طبيعية واحدة يمكن وصف وتتبع سلوك البخر الممكن ومآل (Fate) هذه المادة الكيميائية بالبيئة .

وطالما أن معدلات التبخر علامات مفيدة ويمكن حسابها من الصفات الطبيعية الأساسية للضغط البخاري و الذوبانية بالماء والامتصاص والثبات خاصة إذا ما كانت كل صفة منها لها قيمة معروفة محددة على درجات الحرارة المختلفة حيث يزداد الضغط البخاري للعديد من السموم والمواد الكيميائية العضوية لثلاثة أو أربعة أضعاف بزيادة درجة الحرارة عشر درجات مئوية وبالتالي فإن قيم الضغط البخاري عند درجات حرارة مختلفة تكون ضرورية لقياس الضغط البخاري لها من سطح الترسيب (Surface deposits) وذلك لتتبع توزيعها التجزيئي بين التربة والماء والهواء (أي لتتبع تطايرها Volatility) وبالتالي لحساب فترة بقاؤها في الهواء الجوي في صورة قطرات أو إيروسولات .

ويتناسب التطاير من سطح الترسيب مباشرة مع الضغط البخاري والأكثر من ذلك فقد تكون هناك أكثر من صفة طبيعية واحدة تقيم وتتبع لقياس التطاير النسبي وهنا يكون الخطأ في القيمة المتتبعة كبير فعلى سبيل المثال التطاير من أسطح المياه يتناسب مع الضغط البخاري والذوبان بينما التطاير من التربة الرطبة يتناسب مع الضغط البخاري ومعدل ذوبانه ومعدل الامتصاص فعلى سبيل المثال ويفرض اختلاف معدل الذوبان من ٠.١ - ٠.٢٥ جزء في المليون لمركب الديلدرين (Dieldrin) واختلاف معامل الامتصاص بين ٢٥- ١٠٠ يعتمد على التربة وطريقة القياس فلين التطاير

المنتجع يختلف ٤٠ مرة من الماء و ١٦٠ مرة من التربة وهنا يتم الاعتماد على أي من هذه القيم لهذه المعايير يستخدم في الحساب والذي يوضح أهمية القيم المعمول عليها (reliable) لكل الصفات الفيزيوكيميائية تستخدم في تتبع مآل هذه المسموم في البيئة .

كذلك فالاختلاف الملاحظ في قيم الضغط البخاري تصدق على (Attests) الحاجة الماسة والدقيقة لتقدير الضغط البخاري للمسموم النقية أو لوجود طرق قياسية للمادة التجارية (Technical) أو المنقاة (Purified) أو المادة النقية نقاوة كيميائية (Pure ingredient : PI) كما يختلف الضغط البخاري باختلاف الاستبدال على المركب فالضغط البخاري لمركب الميثيل باراثيون ضعف تقريبا مركب الإيثيل باراثيون) .

وعليه فقياس معدلات الفقد البخاري لمركب بسطوح مختلفة تحت نفس الظروف تؤدي لقيام علاقة بين معدل الفقد البخاري والضغط البخاري وأيضا تساعد في مقارنة التطاير النسبي لجهد سمية المركب .

التطاير النسبي (Relative Volatility From Inert Surfaces) :

لا يعتمد التبخر نظريا لأي مركب سام من سطح مادة لمساحة ثابتة على عمق (سمك) طبقة المركب ، فتحت الظروف الثابتة فإن معدل الفقد سيكون ثابت .

ويقدر معدل التبخر لمادة بالضغط البخاري أو كثافة البخار (Vapor density) ومعدل الانتشار لها خلال الهواء المحيط بالقرب من المادة .

والتطاير من المترسبات ذات الأسطح الخاملة أو من أي مواقع للتراكم مساحات التخزين - التصنيع - الاثزال) والمتحكم فيها بواسطة كثافة البخار المشبع أو الضغط البخاري لمادة ومعدل حركتها من سطح التبخير .

وتنتقل المادة المتبخرة من السطح خلال طبقة الهواء الراكدة (Stagnant) فقط بالانتشار الجزيئي وطالما أن معاملات الانتشار الجزيئية للمركبات العضوية في الهواء تتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي للوزن الجزيئي فالمعدل الحقيقي لانتقال الكتلة بالانتشار الجزيئي سيتناسب مع الضغط البخاري مضروب في الجذر التربيعي للوزن الجزيئي $(M)^{1/2}$ وعليه سريان البخار للمادة من السطح الحامل يمكن وصفها بالمعادلة :

سريان البخار (J) :
 Kp (ثابت تتناسب للضغط البخاري) . ^{20}M (الجذر التربيعي للوزن الجزيئي)

وكبير قيمة الثابت (K) يعتمد أساسا على الظروف المحيطة والمتحركة في معدل تبادل الهواء بالقرب من السطح مثل التصميم الهندسي لغرف التبخير : مطبخ أمليس ، سرعة الرياح .

ومعدل الحركة فوق الأسطح المبخرة صفة هامة للتحكم في التبخير طالما أن عمق طبقة الهواء الراكدة تعتمد علي معدل تنفق وسريان الهواء .

وباستخدام هواء يتدفق بمعدل ١ لتر/ د خلال حجرة تبخير مربعة تمتد بريح متوسط سرعتها ١ كم / ساعة حيث يتغير الهواء فوق السطح المبخر بمعدل ١٦٧ مرة / د وذلك بهدف عزل الضغط البخاري عن معدلات التبخير من سطح مبخر كالتزجاج ثم قياس المعدلات لمجموعة السموم وهنا تكون بعض العوامل المؤثرة على معدلات التبخير تحت ظروف متحكم فيها عما ملاحظ ميدانيا خاصة معدل الفقد الكبير والملاحظ ميدانيا حيث معدل تبادل الهواء أكثر كثيرا من المعمل . فمعدل التبخير يتراوح بين ١٠٠- ١٧٠٠ بالمعمل ويزداد إلى ١٧,٠٠٠ خارج المعمل خلال أول ساعتين للدليدين عقب معاملة ٥.٦ كيلو جرام / هكتار ديلدرين .

وتصلح المعادلة في مقارنة التطاير النسبي للسموم المتبخرة من الأسطح وتبقى أساسا ولفترة صغيرة جدا عقب المعاملة لبعض السموم للمجموع الخضرى . ولا تصلح المعاملة السابقة في حالة التغطية الغير كاملة كما أنها

تبقى عدة دقائق عقب المعاملة وتكون معدلات التبخر عالية جدا مقارنة بالكميات المعاملة فالديلدين (Dieldrin) له ضغط بخاري 1.0×10^{-6} / 25°C حيث تم تقدير متبقي قدرة ٨٢% من الهيناكلور و ٦٦% من الديلدين (والمعامل بتركيز ٥.٦% كجم / هكتار) وذلك عقب المعاملة بثلاث ساعات .

وعليه فإن قيمة الثابت (K) سوف تعتمد في الغالب على معدل تبادل الهواء وبعض العوامل البيئية الأخرى المتحركة في الحركة من الأسطح وتستخدم قيم (K) الكبيرة والأكل للحسابات المعتمدة على العوامل المتوقعة النسبية .

ويرجع النقص في التطاير بالمترسبات عندما لا يغطي المركب مساحة محددة مئة طويلة إلى تأثره بالعديد من العوامل ويبدأ المعدل في الانخفاض بمجرد أن تصبح الطبقة دقيقة رقيقة (Thin film) وغير مستمرة وتصبح المساحة المعرضة من المركب أقل سريعا ومعدل الفقد سيتبع منحنى رأسى بمعادلة أسية :

$$y = Ae^{-kt} \quad (\text{معدل الفقد عن أي وقت})$$

حيث يتناسب معدل الفقد عند أي وقت مع الكمية بالسطح .

الفقد البخاري من المياه (Vapor loss from water) ;
يمكن تتبع تبخر المواد الكيماوية والسموم والملوثات البيئية عقب استخدامها بالتربة من خلال اعتبارات طبيعية وكميائية تتحكم في التركيزات على سطح التربة .

وغالبا ما يقلل معدل التطاير لجزيئات السموم المترسبة والمعتمدة على درجة الضغط البخاري المنخفض من الانمصاص على السطح ويقلل الانمصاص من النشاط (Fugacity) فيمتص عن المركب النقي وهو ما ينعكس في خفض الضغط البخاري .

ولقد وجد أن تكبير أو تصغير تأثير الانمصاص على الضغط البخاري يعتمد أساساً على طبيعة وتركيز المركب الكيميائي والمحتوي المائي للتربة وصفات التربة كالمادة العضوية ومحتوى الكلاي بها فالضغط البخاري للمركبات ضعيفة القطبية في التربة تزداد بقوة بزيادة قوة التركيز ودرجة الحرارة وتقل بقوة عندما يقل المحتوى المائي للتربة لتحت مستوى ١ طبقة جزيئي من الماء .

كما وجد أن تأثير محتوى التربة المائي له أهمية خاصة حيث يكون التبخر كبير مع المواد العضوية غير القطبية من التربة الرطبة عن مثلثتها الجافة ويرجع ذلك لزيادة الضغط البخاري الناتج من إزاحة المركب من سطح التربة بالماء . ويزداد التطاير بالمركبات ضعيفة القطبية مع الماء والذي يتنافس على مواقع الانمصاص معه بأي نوع من الأسطح الماصة .

كذلك يمكن استخدام ثابت هنري (H) لوصف وتتبع سلوك اللدنيين في التربة حيث قارن Spencer طور اللا أد مضاص البخاري للدين من تربة (Gila silt Loam) مع اللانمصاص في معلقات تربة في الماء (١ : ٥) ، وكان إيزوثرم الانمصاص لأنمصاص اللدنيين بالنسبة لكثافة البخار وتركيز المحلول والموصوفة بنفس الخط مما يشير لإمكانية استخدام ثابت هنري لوصف وتتبع سلوك الملوث وعليه فأيزوثرم انمصاص تربة / ماء يمكن استخدامه في حساب الكثافة النسبية للبخار في هواء التربة أو تحويلها من كثافة البخار النسبية .

وبفرض أن الضغط البخاري والذوبان للمركب تختلف بنفس الدرجة مع الحرارة في التربة أو بدون التربة فإنه لابد من الاحتياج لبيانات لتقييم التطاير النسبي في التربة بواسطة الضغط البخاري وذوبانية جزيئات المركب نفسها في درجات حرارة مختلفة فأيزوثرم انمصاصه له علاقة بتركيز جزيئات المركب في كلا من الكثافة البخارية (Vapor density : D) أو بتركيز محلول التربة (C) . ومن العلاقة المعروفة بين الضغط البخاري والذوبانية والحرارة فإن إيزوثرم الانمصاص عند درجة حرارة ما سوف يكون كافي لتتبع كلا من الكثافة البخارية والتركيز على درجة حرارة أخرى وهذا فإين

المقارنة بين سلوك السموم مبني على قياسات الضغط البخاري والتي تمتد لتغطي قياسات التطاير النسبي من الماء أو التطاير من التربة الرطبة .

وباندماج المركب السام العضوي في التربة ينخفض تركيزه على السطح المبخر فيحدث بذلك انخفاض في معدل التبخر ، وعند خلط المركب بالتربة فإنه سوف يمتص بالتربة ويتحرك لأعلى بسطح التربة قبل تبخره للجو وأساسا فمعدل التبخر يكون دالة للضغط البخاري للمركب أو طور الانصهار على سطح التربة .

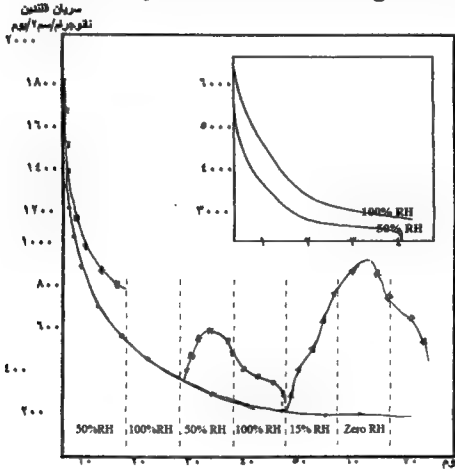
ومعدلات التطاير تنخفض بسرعة فينخفض التركيز في السطح وبسرعة تعتمد على معدل حركة المركب إلى سطح التربة وتحرك المركبات لسطح التبخر بالانتشار وسريان الكتلة في الماء المتبخر ففي الحقل فإن الماء و جزئيات المركب عادة ما تتبخر إلا إذا كان المركب غير ذائب في الماء أو له ضغط بخاري عالي لينتج أغلبه في الطور البخاري المتحرك في ثقبوب التربة (Pores) أكثر من حركته مع محلول التربة .

وبغواب ماء التبخر فإن معدل التطاير يعتمد على معدل حركة المركب لسطح التربة بالانتشار إذا ما كان معامل الانتشار للمركب بالتربة غير معلوم . ويمكن استخدام معدلات الانتشار في تتبع التغيرات في التركيز لمركب مع التربة ومعدل فقد من سطح التربة . فعند تبخر الماء من سطح التربة تتولد قوة سحب (Suction) متدرجة تسبب حركة الماء لأعلى لتحل محل المتبخر وأي مركب في محلول التربة سوف يتحرك لأعلى بكتلة السريان في الماء وهذه القوة (Wick effect) تسرع من تبخر اللندين والديلدرين ، شكل رقم (٢٧-١) والذي يوضح معدل تبخر مع أو بدون فقد من سطح التربة ، ففي الفترات الطويلة ذات الرطوبة النسبية ١٠٠% فإن حركة اللندين لسطح التربة محكم بالانتشار من مستوى رطوبة نسبية 100% والماء المتبخر والمركب يتحركا للسطح المتبخر بكتلة السريان في الماء . فتشير البيانات الناتجة من الديلدرين والندين لمعدلات تبخر راجعة إلى تأثير سريان الكتلة والممكن قياسه من العلاقة :

$$= J_p = (\text{سرمان المركب : Patx})$$

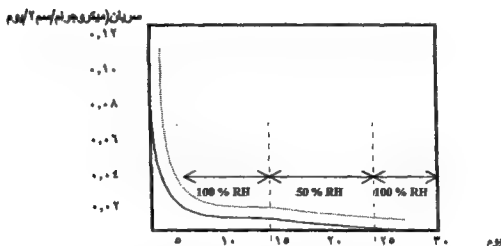
$$= J_w = (\text{سرمان الماء}) - C \text{ (تركيز المركب في ماء التربة)}$$

وتعتمد تكبير قيمة تأثير (Wick effect) على صفات الامصاص والذوبان في الماء للمركب وعوامل أخرى مؤثرة في التوزيع التجزيئي بين الماء والهواء والطور الصلب في التربة ، فعلى سبيل المثال سرمان اللندين يرجع لسرمان الكتلة والمتراوح بين ١٨-٧١% من السرمان الكلى للندين بينما بالديلدين يتراوح بين ٣-٣٣% من السرمان البخاري للديلدين .



شكل رقم (١٢٧-١): معدل تبخر اللندين بالنسبة للرطوبة النسبية لغاز النيتروجين المار فوق سطح التربة معدل سحب ٠ صملي بار وعند ٣٠ °م مع ١٠ جزء في المليون مخلوط بالتربة

ويجب وأن يؤخذ في الحسبان عند تصميم إنموذج (موديل) لتتبع مسلك البخار ومعدل انهيار المركب مقارنة مع حركته في الهواء فيبعد الانهيار البيولوجي هو المسار الرئيسي لاختفاء مركب البارثيون والميثيل، شكل رقم (٢٧-٢) ، فالنقد البخاري للبارثيون ٢٥ % من الكمية المخلوطة بالتربة ولكن ٠,٥٥ من الكمية المضافة هي الباقية في التربة وهو عكس ما حدث في اللندين أقل من الميثيل بارثيون ولهذا كان اللندين الأعلى ينتج قد كبير في التطاير .



شكل رقم (٢٧-٢) : معدلات النقد البخاري للميثيل بارثيون والمخلوط بنسبة ١٠ جزء في المليون في التربة بالنسبة للوقت والرطوبة النسبية / ٢٥ درجة مئوية .

الفقد البخاري من الحفر (Vapor Loss From Land fills) :

قد يتم التخلص من بقايا السموم المختلفة وعبواتها الفارغة بوضعها فسي حفر ربما تزدحم لتغطي (أو قد لا تزدحم) بطبقة من التربة في محاولة لمنع أو الحد من الفقد البخاري لهذه السموم وبالتالي منع أو الحد من تلوث الهواء الجوي بالمنطقة التي تعلوها .

□ وتطاول هذه الكيماويات من الحفر الغير مغطاة سوف يتبع لاساسيات الفقد البخاري من الأسطح الخاملة ويكون معدل الفقد الحقيقي يعتمد على العوامل المؤثرة على الضغط البخاري ودوامات الهواء في مكان الحفرة.

□ أما تطاول جزئيات هذه السموم من الحفر المقطاة (المدفن) سيكون أكثر بطيء تبعاً للأساسيات المناقشة سابقاً للفقد البخاري من حبيبات التربة فالفقد في التطاول له علاقة مع معدل حركة المركب خلال غطاء التربة للجو .

وأجريت دراسة لتتبع وتقييم مستوى الفقد للجو المحيط من المركب HCB خلال حفرة مغطاة بها حيث غطي بتربة بعمق ١,٨ مع العلم بأن المركب ثابت وغير ذائب في الماء ويذوب بمزيجيات الدهون العضوية حيث أدى الودم لانخفاض سريان البخار من ٣٦٣ إلى ٥ ميكروجرام / سم^٢ / ساعة وهو ما يشير بأن غطاء الودم من التربة كان أكثر الأعطية تأثيراً في خفض البخار .

كذلك وجد أن عمق للتربة والتغوب بها هما العاملين الأساسيين المتحكمين في سريان بخار المركب حيث كانت العلاقة بين بخار المركب وعمق التربة والتغوب المأينة بالهواء (Air filled porosity) هي العوامل الأساسية المحددة لسريان البخار ولطالما أن المركب غير ذائب في الماء فإن سريان الكتلة سوف لا تكون له أهمية حركة جزئيات لسطح التربة وعليه فإن الانتشار في التربة وتغوبها سيكونا هما الميكانيكية الوحيدة المقاحة ولأن معدل التجزئي بين الماء / هواء المركب = ومعدل الانتشار العالي له في الهواء عن الماء فإن انتشار المركب سيكون أساساً في للطور البخاري خلال تغوب التربة . وعليه فالفقد البخاري للمركب يمكن اعتباره كعمليات انتشار يتحكم فيها فقط انتشار الطور البخاري خلال تغوب التربة المملوءة بالهواء .

ومعدل المركبات المتطابرة من سطح التربة سوف يتحكم فيه بواسطة المعدل الذي عنده تنتشر هذه المركبات في غطاء التربة الموجودة فوق متبقيات السموم .

وبفرض عدم حدوث انبعاث للمركبات كذلك عدم حدوث انتقالات لها في الماء المتحرك فإن التطاير يمكن تتبعه بمعادلة فيك للانتشار للحالة الثابتة (Steady state) :

$$J \text{ (سريان البخار من سطح التربة)} = D_0 (C_3 - C_2) + \text{عمق التربة (L)}$$

معامل الانتشار بالحالة الثابتة
مم² / يوم

(C₂) تركيز المادة المتطايرة في الهواء أو البخار (ميكروجرام/ل) بقاعدة الطبقة
(C₃) تركيز المادة المتطايرة في الهواء أو البخار (ميكروجرام/ل) بقاعدة الغطاء

ولاستخدام المعادلة السابقة لتتبع التطاير فأولا يتم تقدير معامل الانتشار الواضح (D_s) ويجب أن يتضمن التقدير مقطع مقلوب عن الثقوب (المسافات البينية) لحساب التأثيرات الهندسية للتربة على الانتشار :

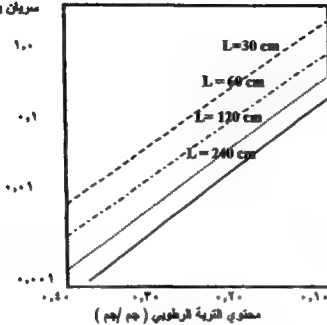
$$D_0 = D_s \left[\frac{2Pr}{10^6} + \frac{3.14 P_A}{10^6} \right]$$

↓ ↓ ↓
 الثقوب الكلية ثقوب التربة المملوءة معامل الانتشار البخاري
 بالتربة والهواء (مم²/سم²) في الهواء مم²/يوم

$$L + [(C_3 - C_2) (\frac{2Pr}{10^6} + \frac{3.14 P_A}{10^6})] D_0 = J$$

ويمكن استخدام هذه المعادلة في تقدير التأثير الغالب لضم ثقوب التربة وعمق التربة ولإعطاء قيمة مقبولة لسريان البخار خلال غطاء مدفن التربة وطالما أن ثقوب التربة تحكم أساسا بالكثافة الكتلية (Bulk density) ومحتوى الماء فإن سريان البخار ينخفض بزيادة ضغط التربة والمحتوى المائي للتربة والذي يزداد بزيادة عمق التربة والمنحني التالي شكل رقم (٢٧-٣) يبين تتبع سريان البخار خلال أعماق مختلفة لغطاء التربة مع محتوى مائي مختلف . وسريان بخار مركب (HCB) خلال غطاء التربة (٣٠سم) أو أكثر يكون أقل من نانوجرام /سم²/ساعة (١كج / هكتار/سنة) مقارنة مع سريان البخار نانوجرام /سم²/ساعة مع الحفر الغير مغطاة تحت نفس الظروف .

سرطان باردة/هكتار/كج



شكل رقم (٢٧-٣) : معدل التطاير لمركب HCB المشبع/٢٥ درجة مئوية
خلال قطاعات مختلفة السمك لغطاء التربة .

وزيادة محتوى الماء بالتربة يخفف بقوة معدل التطاير للمركب بخفض
التقوب المملوء بالهواء وبالتبعية ينتشر الطور البخاري خلال التربة .

وبالنسبة للمركبات الأكثر ذوبالاً في الماء فإن زيادة المحتوى المائي
للتربة ربما يزيد أو يقلل الضغط الجوي وهو ما يعتمد على جهد الحركة
لأعلى أو أسفل للمركب في الطور المائي .

وبعد التوصل لقيمة معدل سرطان مقبولة سواء بالطرق المباشرة أو
الغير مباشرة باستخدام موديل الانتشار بالهواء وأن المعادلة الأخيرة يمكن
استخدامها في تقدير ما هي ظروف التربة والتي تحد من السرطان ؟

العوامل المؤثرة على ثبات مخلفات ومبيقات السموم بالتربة

تتأثر عملية انهيار مبيقات السموم بعدد من العوامل البيئية الطبيعية والكيميائية والمناخية والعامل الأهم والوحيد وذو التأثير الأكبر والذي يعزى إليه سرعة انهياره هو الطبيعة الكيميائية لجزيئي السم نفسه : (Chemical nature) فجزئيات السموم الثابتة والمقاومة لفعل هذه العوامل مثل مركب الددث (DDT) فمن الصعب إيجاد وسائل طبيعية أو بيولوجية تؤدي لانهياره أما الجزئيات سهلة الانهيار فإن العديد من العوامل الطبيعية والبيولوجية يمكنها إيجاد طريقها لانهيار المركب ويهتما في هذا الجانب جزئيات السموم الثابتة والمؤدية لمشاكل التلوث البيئي من خلال تراكمها (Accumulation) في الأنظمة البيئية (Ecosystem) نتيجة ثباتها وميلها لمصاحبة المادة العضوية (Accompanying affinity) ومن الجدير بالذكر أن انهيار المركبات الأصلية لهذه السموم (Original compounds) لا يعنى في العادة طرح (Elimination) لمركب ومطي خطر (Immediate hazard) ولكن غالبا ما نجد عدة أمثلة مامة هي المنفردة (Toxic metabolites) عقب اختفاء المركب الأصلي ككوكين الفوتو ديلدرين (Photodeildrin) من الديلدرين تحت تأثير أشعة الشمس والكائنات الحية الدقيقة (Microorganism) وقد تتكون هذه النواتج ثابته وتعطي مشاكل أخرى مثل مركباتها الأصلية وتسمى المركبات المنهارة (Breakdown) بالمبيقات الطرفية (Terminal residues) مثل الممساكن (Analogues) ددد (DDD) ددا (DDE) والديكفول (Dicofol) والنااتجة من انهيار مركب الددث (DDT) .

ويجب الأخذ في الاعتبار وجود العديد من العوامل المؤثرة على صفات مبيقات المركب السام (Residual characteristics) فبمجرد وصولها من الهواء لسطح التربة تحدث لها إحدى العمليات التالية :

- تمتص بمكونات التربة (Absorbed by Soil Constituents) .
- التشرب (Leaching) بمياه المطر أو طرق الري المختلفة .
- التقاطها وأخذها (Picking up : Uptake) بواسطة الكائنات الحية (Biota) .
- التبخر (Evaporation) مباشرة أو مع الماء المتبخر من التربة .
- حملها بالرياح (Carried away) لمناطق أخرى مجاورة يابسة أو مسطحات مائية .
- التطاير (Volatilization) .

وكل هذه العوامل منفردة أو متجمعة تؤدي لخفض مستوى متبقيات المركب السام في هذا المكان وكلها عوامل تمثل ظاهرة الانتقال (Transportation phenomena) .

وعند التفكير في البيئة ككل أو كنظام مغلق (Enclosed System) فإن الكمية الكلية لمتبقيات أي ملوث سام لا تنخفض بالعوامل والعمليات السابقة ولكن الدور الهام يكون في خفض الكمية الكلية لمتبقيات المركب الحقة بواسطة الكتلة الحية (الكائنات الحية النباتية والحيوانية والميكروبية) وأشعة الشمس بجانب تأثير أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) والحرارة والمواد اللامسة (Catalytic agents) في التربة وكذلك إنزيمات كائنات التربة والذي يبرز دورها بوضوح في هدم جزيئات السموم المختلفة (Detoxification) .

فجزيئات السيمازين (Simazine) والأترازين (Atrazine) والمالاتيون (Malathion) تنهار بواسطة تركيز أس تركيز أيون الهيدروجين بالتربة كما أن الحرارة العالية والقلوية تؤدي لانهيار مركب BHC .

وتبقى متبقيات السموم بين حبيبات التربة لفترات متفاوتة تتوقف بدورها على نوعية وطبيعة جزيئي السم والصفات الطبيعية والكيميائية لحبيبات التربة (وهذه المتبقيات قد يكون لها تأثيرها الضار على الصفات الطبيعية والكيميائية للتربة والنبات والكائنات الحية الدقيقة) والصفات الطبيعية والكيميائية لجزيئي الملوث وأس تركيز أيون الهيدروجين بوسط التربة والمحتوى الرطوبي لها ومحتواها من المادة العضوية والكاتيونات التبادلية والعوامل المناخية التي لا يمكن السيطرة عليها

١ - طبيعة التركيب الكيميائي لجزيئي السم (Chemical nature of poison molecule) :

يختلف معدل ودرجة ثبات جزيئات السموم تبعاً للنوعية وطبيعة تركيبها الكيميائي فالسموم التابعة لمجموعة تراي أزين (Tri- Azines)

والمحتوية على مجموعة ميثيل بحلقة البنزين أكثر ثباتا من مثيلاتها المحتوية على ميثوكس أو كلور .
كذلك فالسموم ذات الطبيعة الكلورونية العضوية كالهيبتاكلور (Heptachlor) أكثر ثباتا فمعدل انهياره ضعيف فتبلغ فترة نصف الحياة له سنتان كذلك فمركب الكلورودان تبقى مبيقاته وحتى خمس أما مركب ألدرين إيبوكسيد (ديلدرين) فتبقى مبيقاته حتى ٢٥ سنة . وأغلب هذه المركبات الثابتة غير المتطايرة (Not Volatile) لانخفاض قيمة ضغطها البخاري (Vapor pressure) حيث توجد علاقة عكسية بين درجة الثبات (Stability والضغط البخاري (درجة التطاير) .

ويلاحظ أن معدل التطاير يزداد بزيادة درجة الحرارة بالبيئة المحيطة وكذلك درجة الرطوبة النسبية لسطح التربة ومعدل سريان حركة الهواء ونقص تركيز جزيئات المركب السام الملوث وكذلك نقص درجة الذوبان في الماء فالمركبات لسابقة تتمتع بانخفاض كلا من ضغطها البخاري ومعدل ذوبانها في الماء . (في حين السموم السريعة الذوبان تتحرك بسرعة بين حبيبات التربة وتتسرب لطبقات أعمق ولا تكمص بأسطح حبيبات التربة .

كذلك لنوع تجهيزه المركب (Formula) أثره على درجة الثبات فالتجهيزات الذائبة في الماء (Water soluble formulations) أقل ثبات وأسرع تشربا عن مثيلتها (Oil - soluble formulations) .

كذلك لحجم جزيئات المركب السام أثره أيضا على درجة الثبات فالحبيبات الصغيرة الحجم تدمص بسرعة على أسطح حبيبات التربة بمقارنتها الأكثر مما يحميها بعض الشيء من الانهيار .

أما بالنسبة لدرجة الثبات داخل مجموعة السموم الواحدة فنجد أن مركب الكارباريل (Carbaryl) الميفين (Sevin) أكثر ثبات وأقل انهيار عن مركب التميك : الديكارب (Aldicarb : Temik) كلاهما أقل ثباتا من مركب

الذئب وربما يعزى ذلك لطبيعة مركب الكاربازيل الأورماتي في حين التميك الأليقاتي علاوة على احتوائه على الكبريت والرابطة الزوجية.

أما السموم القوسفورية العضوية فغالبيتها أقل ثباتاً ومعدل انهيئارها سريع حيث يختفي ٨٥% من الكمية الأصلية بعد ١-٢ شهر تقريباً .

٢- طبيعة ونوع التركيب الكيميائي للتربة :

يلزم التحكم بنتييت العديد من العوامل الأخرى والمؤثرة بدورها على متبقيات السموم عند دراسة العلاقة بين نوع التربة ومعدل الثبات حيث تتوقف درجة الثبات على نوع التربة فالنسبة المئوية لمتبقيات السموم بالأراضي الرملية أكثر من الطينية خاصة مع التركيزات المنخفضة من المتبقيات وعلى الفترات الطويلة ولهذا تكون الفاعلية البيولوجية بالتربة الرملية أكثر من التربة الطينية .

كذلك تتأثر درجة الثبات كثيراً في التربة بأس تركيز أيون الهيدروجين فغالبا ما تكون السموم أكثر ثبات في التربة ذات درجات الحموضة العالية بينما يحدث العكس مع السيمازين حيث تنهار متبقيات السموم سريعاً بالتربة العالية الحموضة أما بالنسبة للتربة الطينية ذات المحتوى العالي من المواد العضوية فإنها تمتص كمية كبيرة من جزئيات السم لذا فإنها تحافظ عليه من الانهيار ومعدل يتفاوت ونوعية الارتباط بجزئتي المركب السام .

٣- تأثير العمق الموجود عليه جزئيات السموم :

فوجود جزئيات المادة السامة خاصة سموم الحشائش تحت السطح يزيد من درجة نشاطها السام لاحتفاظها بدرجة ثباتها وربما يعزى ذلك لبعدها عن الهواء (كعامل مؤكسد) ودرجات الحرارة العالية والمؤدية لانهيئارها حرارياً (Thermal Degradation) والتي يتعرض لها سطح التربة وكذلك البعد عن منطقة النشاط الميكروبي المتمركز في الطبقة السطحية.

٤ - تأثير نوعية الكساء النباتي ومعدل أخذه لها (Plant coverage type and

: Uptake)

يؤدي وجود كساء نباتي في تربة تحتوى على مبيقات مركب مسام إلى :

- عملية التظليل التي يمنحها الكساء النباتي فيحمي مبيقات السموم من التعرض المباشر لأشعة الشمس خاصة بمدى الأشعة فوق بنفسجية كذلك من درجات الحرارة العالية .
- امتصاص بعض جزئيات الملوث من التربة بالمجموع الجذري للنبات مما يقلل من تركيزه الملوث للتربة في نفس الوقت فإن عمليات التمثيل الحيوية بالأنسجة المختلفة للنبات خاصة الأنظمة الإنزيمية والتي تعمل على خفض مستوى تركيزه بهدمه حيويًا (Biodegradation) .
- وباستغلال ميزة وجود الكساء النباتي وأثره على خفض مستوى مبيقات المركب فإن وسيلة تعاقب زراعة كساءات نباتية مختلفة متنوعة تعد إحدى الوسائل للتخلص من مبيقات السموم (Elimination) خاصة في وجود وسائل الصرف الجيد مع عمليات الري المتوالية والتي يزداد تأثيرها عندما يكون المركب السام ذو معدل ذوبان معقول أو مرتفع وهنا يظهر عامل التشرب وحركة جزئيات المركب الرأسية لأسفل (Down ward movement) أو يكون للمركب ضغط بخاري عالي وبالتالي معدل تطاير مرتفع أو تتبخر جزئياته مع محتوى المائي للتربة .
- لوحظ أن زراعة نبات الذرة تعمل كثيرا على سرعة التخلص من مبيقات بعض المركبات السامة خاصة مركبات الأترازين (Atrazine) .
- تؤدي عملية حرق مخلفات وبقايا الكساء النباتي السابق طريقة أفضل للتخلص من المبيقات عن طريق قلب وحرق بقايا الكساء السابقة .

والجول التالي رقم (٢٧-١) يبين محتوى كل من المجموع الجذري والخضري لأنواع نباتية من مبيقات السموم إذا ما تم قلبها في التربة :

جدول رقم (٢٧-١) : محتوى المجموع الجذري والخضري لعدة أنواع نباتية من مبيقات السموم .

نوع الكساء النباتي	مجموع جذري (طن/هكتار)	مجموع خضري (طن/هكتار)
مخلفات هكتار منزرع قمح شتوي	٢.٥	٧.٠
مخلفات هكتار منزرع شوفان شتوي	١.٧	٧.٠
مخلفات هكتار منزرع ذرة	٢.٢	٧.٥
مخلفات هكتار منزرع بنجر سكر	٠.٨	٤.٥
مخلفات هكتار منزرع بطاطس	١.٣	٨.٥

٥-تأثير العوامل الجوية (Weather factors effect) :
تؤثر العوامل الجوية كثيرا على كمية ومعدلات ثبات مبيقات السموم
بالترربة خاصة العوامل التالية على سبيل المثال لا الحصر :

٥-١-درجة الحرارة (Temperature) :

فارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى :

□ إتهيار العديد من المركبات السامة سريعا وبطريقة غير مباشرة يتأثر
معدل ثبات جزئيات المركب .

□ زيادة معدل التطاير خاصة مع المركبات ذات الضغط البخاري العالي

□ تحول المركب لمركبات أخرى (Transformation) والتي غالبا ما تكون

أقل في درجة سميتها عن المركب الأصلي لحدوث إزالة للسمية

(Detoxication) .

□ زيادة معدل درجة ذوبان جزئيات المركب في المحسوي الرطوبي
للترربة وهنا تتحرك لأسفل كما تحدث ظاهرة التشرب .

□ وعلى الجانب الآخر فإن ارتفاع درجة حرارة التربة يؤدي لجفافها
تدرجيا والذي يؤدي بدوره لزيادة مقدرتها على الاحتفاظ أكثر بالمبيقات
عن مثيلتها المبتلة .

□ انخفاض الامصاص هذه الجزئيات السام بحبيبات التربة ويزيد معدل

انفرادها (Release) فعملية الامصاص تتفاعل طارد للحرارة (Exothermic)

جدول رقم (٢٧-٢) : متبقيات بعض السموم بولاية أونتاريو الأمريكية
(١٩٦٤-١٩٧٤)

متبقيات المركبات فى المزروعات المختلفة (جزء فى المليون)				النبات
١٩٧٤	١٩٦٩	١٩٦٦	١٩٦٤	
				<u>المحاصيل الحقلية</u>
٠,٤	٠,٤	٠,٣	٠,٧	ددت
٠,٦	٠,٨	٠,٩	٠,٩	سيكلودانيات
-	-	-	-	المركبات الفوسفورية العضوية
١,٠	١,٢	١,٢	١,٦	التركيز الكلى
				<u>الخضر</u>
٢١,٥	٢٠,٩	٣٣,٤	١٨,٤	ددت
١,٧	٢,٧	٣,٧	٢,٣	سيكلودانيات
٢,٥١	٠,٤٩	٠,٣٠	٠,٢٦	المركبات الفوسفورية العضوية
٢٥,٧١	٢٤,٠٩	٣٧,٤٠	٢٠,٩٦	التركيز الكلى
				<u>الفواكه</u>
٦٧,٤	٦٢,٦	٩٣,٠	٩٧,٦	ددت
-	-	-	-	سيكلودانيات
-	-	-	-	المركبات الفوسفورية العضوية
٦٧,٤	٦٢,٦	٩٣,٠	٩٧,٦	التركيز الكلى
				<u>نبات الدخان</u>
٣,٠	٣,٤	٤,٦	٣,١	ددت
٠,٣	٠,٤	٠,٨	٠,٥	سيكلودانيات
٠,٠٠٨	-	-	-	المركبات الفوسفورية العضوية
٣,٢٠٨	٣,٨	٥,٤	٣,٦	التركيز الكلى

٥-٢- الرطوبة (Humidity) :

- حيث يؤدي زيادة المحتوى الرطوبي للتربة إلى :
- زيادة عمليات التحلل المائي (Hydrolysis) لجزيئات المركب خاصة إذا ما كان قابل للتحلل المائي سواء في الوسط الحامضي (التربة الثقيلة والغنية بالمحتوى العضوي) أو بالوسط القلوي (بالتربة الرملية أو الخفيفة) .
 - كذلك يؤدي زيادة المحتوى الرطوبي إلى تنافس جزيئات الماء في التربة الرطبة مع جزيئات المركب السام للامصاص على أسطح غرويات التربة (Soil Colloids) .
 - نوبان جزيئات المركب وبالتالي يزداد التشرب لأسفل بالعمق .
 - زيادة معدل النوبان وبالتالي نقص في معدل الامصاص لجزيئات المركب وبالتالي زيادة معدل الانفراد .
 - وأخيرا فزيادة المحتوى الرطوبي يؤدي لزيادة نشاط الميكروبات فيزداد تعدادها وبالتالي يزيد نشاطها الهادم لجزيئات السموم فيزداد معدل الاتهيار ويقل معدل الثبات . في نفس الوقت يقل نشاط الميكروبات الهوائية ويقل بالتالي نشاطها الهادم لجزيئات السموم (Biodegradation) .

٥-٣- الضوء والاتهيار الضوئي (Light & Photo decomposition) :

يلاحظ أن أغلب السموم الملوثة للتربة غير مقاومة لفعل الاتهيار الضوئي وهو سبب اختفاء الكثير من جزيئات السموم بالتربة إلى جانب العوامل الأخرى فمركب التريفلان (مجموعة داي نيتروانيلين) تتهار متبقياته في التربة و المعرضة للشمس عن مثيلاتها المدفونة تحت سطح التربة والغير معرضة للضوء . كذلك فجزيئات السبمازين بطيئة الحركة بين حبيبات التربة ويبطيء حركتها هذا لأسفل يعطي فرصة كبيرة لتحللها ضوئيا .

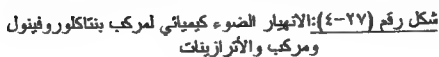
وعند دراسة عملية التحلل الضوئي لجزيئات السموم معمليا تحضر تركيزات من المادة الفعالة النقية منها (Active ingredient) في أنواع المياه (مقطر - مقطر غير مؤين - جوفي صنبور مياه انهار - مياه عسرة) وقد تستخدم كمية قليلة من المذيب المناسب للمركب (١%) لزيادة معدل ذوبانه

في الماء بغرض دراسة حركية التفاعل وتعريف نواتج التحويل وفترة نصف الحياة أو تجرى الدراسة على صورتها البخارية (Vapor phase) نتيجة لتبخر جزيئات المذيب الحاملة للمركب أو نتيجة لتطايره أو لتسامي جزيئاته .
وأشعة الشمس التي تصل لسطح الأرض لا يظهر بها الأطوال الموجبة للأشعة فوق بنفسجية القصيرة الأقل من ٣٠٠ نانوميتر والشكل التالي رقم (٢٧-٤) يبين الهدم (الانهيار) الضوئي الكيميائي لمركب بنناكلور وفينسول ومركب دنت والاكترازينات حيث تبدأ مراحل الانهيار الضوئي بانفراد ذرات الكلور أو ذرات الكلور والهيدروجين في صورة كلوريد الهيدروجين في الأوساط المائية أو التربة ذات المحتوى الرطوبة العالي كما تحدث إعادة ترتيب وضع الذرات بالجزيئي (Intramolecular rearrangement) .

وأهم عامل يؤثر في مقدرة تأثير الأشعة الضوئية أو أشعة الشمس على الجزيء السام هو وجود الجزء المستشعر للضوء (Photosensitizer) وهي المادة التي تسهل انتقال الطاقة من الضوء إلى الجزيء السام المستقبل للأشعة حيث لوحظ أن الريبوفلافين (Riboflavin) تستشعر عملية الانهيار الضوئي لمركب ٢،٤- كذلك البنزوفينون (Benzophenone) والبيوفلافين فوسفات (FMN) مواد مستشعرة لدراسة الانهيار الضوئي للمسموم كذلك وجد أن الروتينون والأمينات الأروماتية والانثراكينون مواد مستشعرة للانهيار الضوئي للعديد من المسموم .

ولقد لوحظ إنه عند خلط جزيئات المسموم معا مثل خلط مركبي أبيات (Abate) والديلدرين (Dieldrin) أو عند خلط باربان (Parpane) والفينوتروثيون (Fenitrothion) أو الفينوثيارين والدنت أو الروتينون والديلدرين بغرض تنشيط فاعليتها كما أنهما يعمل كمستشعر للضوء .

وبالنسبة لجزيئات المسموم الأروماتية عموما فتحدث أربعة أنواع من التفاعلات الضوء كيميائية عند تعرضه للأشعة فوق بنفسجية وهي الإضافية بالحلقة (Ring substitution) والتحليل المائي (في المحاليل المائية أو عند زيادة المحتوى الرطوبي للتربة) والأكسدة (Oxidation) والبلمرة (Polymerization) .



٦- الهدم (الاتيهار) الكيمائي (Chemical degradation) :

حيث تقوم بعض التفاعلات الكيميائية الممكن حدوثها بين حبيبات التربة بهدم وتحليل جزئيات السموم مثل تحول جزئيات الأترزين إلى هيدروكسي أترزين ويجب الأخذ في الاعتبار أن نسبة الجزئيات والتي تتحلل أو تدمص بأسطح حبيبات التربة تقي جزئيات الملوث السام من عملية التحليل الكيمائي ويتأثر معدل الاتيهار الكيمائي كثيرا بتفاوت درجة الحموضة والتركيب الكيمائي للجزء السام فينهار جزئي الأترزين في درجات الحموضة المنخفضة بينما ينهار الديازينون في الظروف الحامضية بينما لا ينهار المالاتيون الفوسفوري العضوي أو مركب الكريوفوارن الكرياماتي العضوي أما جزئيات السموم الزئبقية فتتحول من الصورة العضوية للصورة الحرة السامة بيولوجيا بتفاعلات قاعدية ينتج عنها معقد الطمي - زئبق كمرحلة بسيطة لتحول مركبات الزئبق العضوية .

٧- التشرب والجريان (Leaching : Run off) :

عند تشرب جزئيات السموم خاصة عند زيادة المحتوى الرطوبي للتربة أو عند هطول الأمطار أو عند الري خلال طبقات التربة مما يؤدي لتلوث قطاع كبير منها سواء بالمركب المتشرب أو نواتج تحلله وتمثله التي قد تكون أقل أو أكثر في درجة سميتها وهو في النهاية ما يؤدي لنقص ثبات متبقيات السموم تدريجيا .

٨- التطاير (Volatility) :

وهنا تعتمد صفة التطاير لمتبقيات السموم على الخواص الطبيعية لجزء المركب في المقام الأول من حيث درجة تطاير المركب وكثافته ودرجة الحرارة التي يبدأ عندها التطاير وكذلك الضغط البخاري له فكلما زاد معدل التطاير لجزئيات المركب سواء بارتفاع الحرارة أو لأن ضغطه البخاري منخفض كلما انخفض تركيز متبقيات السم بالتربة ولكنها في نفس الوقت تؤدي لزيادة تلوث الهواء بها وتعد السموم الكلورونية العضوية والسموم من مجموعة السيكلودانيات أقل تطايرا (بيلدين 1.8×10^{-7} و الأندرين 2×10^{-7} والهيتاكلور 1×10^{-7} و ددت 1.9×10^{-7} مم) .

٩- تأثير العامل الميكروبي (Microbial factor effect) :
وهنا نجد أن العلاقة التي تربط جزيئات المركب السام والكائنات الحية الدقيقة في التربة تكون في اتجاهين :
□ الأول : تأثيرها بمتبقيات المركب السام وبالتالي تأثير عملياتها الحيوية بالتربة وفي نفس الوقت انخفاض تعدادها (انخفاض كفاءتها الحيوية) .
□ الثاني : تأثير الكائنات الحية نفسها على جزيئات المركب السام فتحلله بأي مسار من المسارات التي من شأنها فقدته لسميته لانتهائه حيويًا (Biotodetoxification) أو قد يحدث العكس فتتسببه (Activation) .

فكثير من الكيماويات السامة المنهارة تحدث لها عمليات هدم وتحوير في التربة لوجود البكتريا والفطر وهذه العمليات تسهل أو تساعد أي عامل يزيد النشاط التمثيلي للكائنات الحية الدقيقة (كدرجة الحرارة المثلى وأس تركيز أيون الهيدروجين و التغذية وتواجد أو تيسر نسبة الأكسجين وقيل هذا يجب التأكد من أن نواتج التحول (Transformation Products) ليست سامة عن المادة الأصلية كما يحدث عند تحول الزئبق الغير عضوي إلى زئبق عضوي (ميثيل الزئبق) .

كذلك فلفقاريات التربة (Soil-dwelling) كالحلم وديدان الأرض يمكنها أن توزع المادة السامة كذلك فالإنزيمات الحرة بالتربة والمنفردة من الكائنات الميتة وجذور النباتات وإفرازاتها لها دورها ولهذا فإن أقل من ٥٠ % من الهمد بالتربة يعزى للكائنات الحية الدقيقة أو للتفاعلات الكيميائية اللاإنزيمية.

وكما سبق تنقلات نوعية الانقسام التابعة لها متبقيات هذه السموم في طريقة تأثيرها ومدى قابليتها أو مقاومتها للتحلل البيولوجي ولكن أغلب السموم وخاصة السموم الزراعية (Organs agropoisons) قد تستخدمها كمصدر لغذائها حيث يتم الاستفادة من نوات الكريون والفوسفور والكبريت والنيتروجين في دورتها الحيوية وعليه يكون تحللها واختفاء متبقياتها سريع مع الأخذ في الاعتبار أن صفة اختفاء متبقيات بعض السموم بالتربة أمر غير مرغوب فيه حيث يكون الغرض من وجودها بين حبيبات التربة هو القضاء على كائنات حية ضارة كالـبكتريا أو الفطر أو النيماتودا .

فجزيئات مركب ٤،٢ -د تبقى بالتربة مدة طويلة حيث تقوم ميكروبات التربة بأكسدته ويختلف الوقت اللازم لتحليله وعدمه واختفاء سميته من التربة على الظروف البيئية من حرارة ورطوبة وخواص التربة الطبيعية (قوامها) والكيميائية (خاصة أس تركيز أيون الهيدروجين) واختلاف نوع المجموعة الميكروبية السائدة في التربة.

وأغلب ملوثات التربة خاصة متبقيات مبيدات الآفات تتطلب حوالي ٢- ١٨ أسبوع لاختفاء سميتها بالنسبة للمتبقيات الضعيفة والمتوسطة الثبات.

وتتضمن ميكانيكية (آلية) اختفائها عمليات التحلل المائي و كسر روابط الإستر وانفرداد الحمض الداخلى فى السلسلة الجانبية أو بالأكسدة فى الوضع بيتا (β-Oxidation) فتؤدي لإزالة وحدات من ذرتي الكربون من طرف السلسلة أو كسر حلقة البنزين بدون أكسدة أو التحلل المائي الشائع بواسطة بكتريا البسيدوموناس (Pseudomonas) وإنتاج البارانتروفينول كما يحدث مع البارانترون أو اختزال مجموعة النيترو إلى مجموعة أمين كما يحدث فى وجود بكتريا الباسيلس (Bacillus) .

ومن الأهمية بمكان الأخذ فى الاعتبار أنه فى بعض الحالات قد يؤدي النشاط الميكروبي لزيادة سمية (intoxication) ولهذا يقسم أثرها إلى :

- قد يكون للمركب الأصلي غير سام ويتحول تحت تأثير نشاطها البيولوجي لمركب سام بعملية تنشيط تمثيلي (Activation) .
- قد يكون المركب الأصلي سام ويتحول تحت تأثير نشاطها البيولوجي لمركب غير سام بعملية هدم تمثيلي (Detoxification) .

وللمحافظة على البيئة بصفة عامة من التلوث وعلى التربة كمكون ينفي على وجه الخصوص باعتبارها الوسط النامي فيه مصادر الغذاء الآمن والحيواني أصبحت دراسة الآثار الجانبية (Side effects) للسموم قبل استخدامها كذلك مدى مقاومتها للتحلل والانهيار بأي من المسارات المؤدية

لهنهما أمر هام قبل وصولها للتربة سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة؛ وسواء أن كانت قد وصلت للتربة بطريق العمد من خلال استخدام مبيدات فطرية أو بكتيرية أو مبيدات حشائش أو نيماتودا أو بطريق غير متعدد . ويفترض أن مقاومة جزيئات المركب السام للتحلل الميكروبيولوجي ربما ترجع لعدم قابليتها للنفاذ خلال خلايا الميكروبات القادرة على تحليله وعدم قدرة الأنزيمات بها على تحليل متبقيات .

ولقد لخص الكسندر (Alexander) ١٩٧٧ أسباب مقاومة بعض السموم للتحلل البيولوجي فالأسباب وما العوامل المناسبة لزيادة النشاط الميكروبي يزداد معها انهيار المركب :

- غياب الإنزيمات القادرة على إحداث تغيير أو تحويل بالمجموعة الكيميائية التي ينتمي إليها الملوث .
- قد تكون الإنزيمات موجودة لكن وجود تحويل بتركيبية المركب تجعله غير قابل للنفاذ خلال جدرانها لمكان الإنزيم أو يجعله غير قابل للتحلل الإنزيمي أو يكون المركب المجاور مثبت للإنزيم المحلل له .

وهنا يختلف سرعة تحلل الملوث أو جزيئات المركب السام بالظروف البيئية المحيطة :

- الظروف اللاهوائية تطيل من عمر جزيئات المركب السام بالتربة لاحتياج الكائنات المحللة له للأكسجين اللازم لعملها .
- تنعكس العوامل المؤثرة في النشاط البيولوجي بالتربة على قدرة الميكروبات على تحليل جزيئات هذه السموم .
- تختلف عملية التحلل باختلاف قوام التربة (Soil Texture) لأن عملية امتصاص جزيئات السموم على أسطح حبيبات التربة الغروية يقلل من قابليتها للتحلل الميكروبي أو إزالة سميتها كما أن الإنزيمات المحللة لها إذا كانت إنزيمات خارجية فإن امتصاصها على التربة يقلل من فاعليتها .
- التحلل يكون أسرع في الوسط المتعادل عن الحامضي .
- تركيب المجموعة الميكروبية عامل مؤثر أساسي في سرعة التحلل .
- درجتي الحرارة والرطوبة النسبية لها تأثير كبير على النشاط البيولوجي بالتربة.

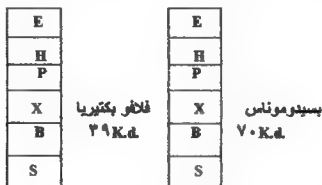
ويلاحظ أن التحلل غير البيولوجي لا يؤدي للتكسير الكامل لجزيئات الملوث (كما يحدث للتحلل البيولوجي) حيث تستراكم نواتج التحلل الغير بيولوجي بالتربة ويكون مثل هذا التحلل بالفقد أو بالتطاير أو بالغسيل بماء الصرف الصحي أو بالتحلل المائي فتنتج مواد غير سامة .
وكما سبق تقوم الكائنات الحية الدقيقة في التربة بتمثيل المركبات السامة في عدة مسارات حيث تعتمد في حياتها على وجود المحتوى العضوي للتربة كمصدر لطاقتها المستخدمة في النمو والتكاثر حيث تبدأ هذه الميكروبات أولا في مهاجمة الجزء الحر من جزيئات الملوث أولا والزايد عن التلوث الموجود بين مكونات التربة وهذه المتبقيات وتحللها وتستفيد من مكوناتها الكيميائية بإدخالها في دورات بيولوجية بها للاستفادة منها (كدورة الكبريت والفسفور ٠٠٠) .

ويلاحظ أن وجود متبقيات المركب السام تؤثر بالتالي على الاتزان الموجود في التربة ومكوناتها الطبيعية والكيميائية والبيولوجية لفترات تطول أو تقصر حسب نوعية التركيب الكيميائي للجزيء والعوامل المحيطة ثم تعود مرة أخرى أو تتحلل بالميكروبات فتتهار وكلما كانت موائمة جزيئات الملوث السام من حيث تركيبها الكيميائي موائمة لعملية التمثيل الحيوي للمركب و التي تقوم بها الكائنات كلما كان معدل استفادتها من الجزيئات أكبر فيزداد عددها وتندهور جزيئات المركب سريعا وهو ما يطلق عليه عملية التنظيف الحيوي (Biodetoxification) لجزيئات المركبات السامة بدون تكلفة وبدون خطر جانبي ضار حتى الآن فلقد اتضح وجود سلالات طبيعية لها القدرة على تحليل السموم وأن استغلال قدرتها في التحليل تعد اتجاه حيث للتخلص من المتبقيات السامة في التربة فأجريت دراسة على بكتيريا *Bacillus subtilis* من حيث قوة مناهضتها ومقاومتها لسلالتي البكتيريا التالية والتي تعد مسببات مرضية *Agrobacterium tumefaciens* وذلك وخلال ٣٠ دقيقة من تلقيح الجروح نبات الخروع بالباسيلس حيث أنت لمقاومة ممتازة لأعراض التدرن الناجي و الذي تسببه السلالة الأولى هذا بجانب قدرتها على التنظيف الحيوي (Biodetoxification) ويلاحظ انه كلما توافرت الظروف البيئية المناسبة لنمو و تكاثر هذه السلالات كلما زادت قدرتها في هذه الملوثات السامة :

- زيادة محتوى التربة الرطوبي مع توافر درجة الحرارة الدافئة (المثلث) مع التهوية المناسبة ودرجة الحموضة المتوسطة تعمل مجتمعة على زيادة تعداد مجموعها وبالتالي تكون سهلة المنال بالكائنات الحية .
- كلما زاد معدل ذوبان المركب كلما زادت تركيز جزيئاته الذاتية فهي محلول التربة كلما زاد معدل اختفائه سريعا بالكائنات الحية الدقيقة فهي تعمل على هدم الجزيئات المتاحة (الذاتية) .
- مستوى الأملاح الذاتية في التربة خاصة الكاتيونية منها مثل الصوديوم والبوتاسيوم والماغنسيوم ودرجات متفاوتة تبعا لنوع جزيئات المركب السام فبعضها تأثيرها يكون قوي بسبب خلل في هذه المكونات و بعضها يكون بسيط التأثير أو قد ينعدم هذا التأثير .
- وجود ذرات الكلور في التركيب البنائية لجزيئي المركب السام تؤثر على معدل التحلل البيولوجي بها أي أنها كلما زاد المحتوى الكلوروي في المركب كلما زادت مقاومته (2.4.5-T: ٤٠٢، ٥٠٤، ٥٠٥) .

وترجع قدرة الكائنات الحية الدقيقة في تحليلها لجزيئات السموم في التربة أو المياه إلى احتوائها على إنزيمات تم بالفعل تحديدها وتعريفها بكل نوع من هذه الكائنات الموصوفة بمقدرتها على تحليل جزيئات مركب سام ما تقوم هذه الإنزيمات بتحليل جزيئات المركب السام وتحمل هذه الإنزيمات على جين بكتيري خاص (في حالة بكتيريا) كذلك فقد تمت أيضا دراسة مسار تخليق هذه الإنزيمات الهامة و المحللة للسموم و تحديد مواقعها على بلازميدات البكتيريا. حيث توجد الجينات على عناصر متنقلة كقطع من الحمض النووي ديزوكسي نيوكليك (DNA) المتحركة بين بلازميدات و الكروموسومات . ومع أن موقع هذه الجينات لا يمثل أهمية ما إلا أن المشتغلين بالهندسة الوراثية لهذه الجينات في عوامل البكتيريا الجديدة تمثل أهمية كبرى حيث يساعد ذلك في الكشف عن منشأها . ولقد لوحظ أن زراعة هذه الجينات المسؤولة عن تحليل جزيئات المركبات السامة في عوائل جديدة يكون تركيزها منخفض عما هو موجود بالسلاسل الأصلية الطبيعية بالبيئة مما يستدعي معه عند نقل الجينات لعوائل جديدة إدخال عناصر حيوية منظمة تؤدي في مجملها لزيادة مقدرتها في التأثير .

فبعد دراسة عملية التنظيف الجوي (Biodetoxification) لجزيئات مركسب الباراثيون بإنزيم (E, 3, 2, 3) علي الجين (Opd : Organo phosphate Degradation) والذي يمتاز بعدم احتياجه لعوامل مساعده لتنشيطه وثباته عند استخلاصه حيث اثبتت مقدرة عالية علي تحطيمه وتحليل العديد من جزيئات السموم التابعة لمجموعة داي ثيو ألكيل فوسفات $[(RO)_2P(AS)S]$ وبفاعليته خاصة علي مدي واسع من مستوي أس تركيز أيون الهيدروجين والحرارة كما أن نشاطه لا يثبط في وجود العديد من المذيبات العضوية أو نواتج التمثيل النهائية. كذلك أيضا ثبت تحليل مركسب ميثيل يراثيون وسوميثون و السيانوفوس و الكلوربيريفوس بالإنزيم السابق (المحمول علي جين Opd في بلازميد بكتيريا البسيدوموناس *Pseudomonas sp. (Pcms)* و البالغ طوله 70 K.b ، كذلك استخلص من بلازميد بكتيريا الفلافو بكتيريا (*Flavobacteria*) و طوله K.b.39 39 . ولقد تم تهجين لقطع من بلازميد حمض الديزوكسي نووكليك المحتوية علي الجين Opd لكلا البلازميين لاحتوائها علي نفس الجين و المحتوي علي 6 مناطق متماثلة حيث وجد انهما يعملان بصورة جيدة ، شكل رقم (٢٧-٥) أما في حالة زراعتهم وراثيا في عوائل بكتيرية جديدة فلزم تحفيزهم باللاكتوز أو بزيادة عدد البكتيريا كثيرا حتي يتم تحليل جزيئات السموم .



شكل رقم (٢٧-٥) :خريطة وراثية للجنين

كذلك ثبت وجود جينات تشترك في تكوين وإنساج إنزيمات لنزع الهالوجين خاصة من المركبات ذات السلسلة القصيرة للأحماض الأليفاتية الكلورية أو المفطورة مثل التراي كلورأستيك (TCA) و الداي فلوروأستيك

دالابون (Dalapon) مثل إنزيمي الهالوأسيئات E.C.3813 & EC.3812 والذي يعمل علي الكلورو أو الفلورو خلاص وتم فصله من بلازميد طوله K.b. 73 من سلالة (Horaxelty) ولهذه الإنزيمات درجة تخصص عالية لجزيئات للأحماض الهالوجينية السامة حيث ينزع منها الهالوجين ويحل محله مجموعة هيدروكسيل (OH) .

كذلك أمكن فصل إحدى الإنزيمات الفازعة للهالوجين بجزيئي ٢-كلورو بروبيونات من بكتيريا البسيدوموناس وذلك من خلال تفاعل (SN₂) حيث وجد للإنزيم متشابهين يعمل علي متشابهي المركب المذكور (وهو ما يختلف عن الإنزيم السابق الذي يعمل علي ذرة كربون معينة مهما اختلفت المتشابهات) . كذلك وجد بإحدى سلالات بكتيريا البسيدوموناس احتوائها علي زوجين من الكروموسومات المستقبلية والتي تحمل جينات لإنزيمي بيرميز (Permease) ديهالوجينز (Dehalogenase) ولها فرصة النمو علي العديد من الأحماض الهالوجينية . أما بكتيريا *Alcaligenes eutloplas* فتحوي علي إنزيم علي البلازميد Kb93 ويحلل الجزيئات السامة لمركب ٢، ٤، ٥- كذلك تم وصف وتعريف ٦ بلازميدات مستقلة تقوم بتحليل المركب السابق وكذلك مركب MCPA . كذلك وجد تماثل بين السلالة السابقة وسلالة *Pseudomonas acells* والمحللة لمركب ٢، ٤، ٥-ت وأيضا تم فصل إنزيمات من بكتيريا *Achromobacter* (السلالة WmIII) تحلل جزيئات السموم الكرياماتية المحتوية علي مجاميع ن-فينيل ، ثيو ، داي ثيو ، ن- ميثيل كربامات .

وفي تجربة ميدانية تمكن (Kilbane) من التنظيف الحيوي لثربة تحتوي علي ٢٠,٠٠٠ جزء في المليون من مركب ٢، ٤، ٥- ت كما تمكن من التخلص جزيئات الباراثيون بسلالة من الفلأوباكتريا وكذلك الديازينون بنسبة ٧٩ %/ ٢٤ ساعة كذلك التنظيف الحيوي لثرب ملوثة بتركيزات ٥٠٠ ، ١,٠٠٠ ، ٥,٠٠٠ جزء في المليون من الديازينون حيث كانت فترة نصف الحياة ١، ٢، ٥، ٦، ٨، ٨٦ ساعة علي الترتيب في حين كانت للتركيز الأول وفي حالة عدم وجود الإنزيم ٩، ٦ ساعة ويجب وأن لا ننسى في المقابل تأثير متبقيات هذه السموم الملوثة علي النشاط الميكروبي النافع مما

يؤثر في النهاية على حيوية التربة (مثل البكتريا المثبتة للنيتروجين) وهنا يفضل استخدام المركبات ذات معدل التطاير العالي .

١٠- التمثيل الهوائي واللاهوائي لجزيئات المركب السام :

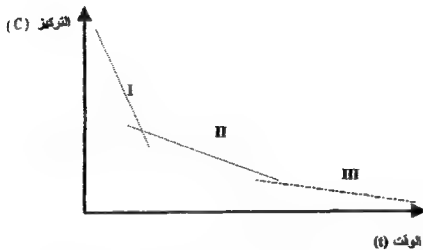
(Aerobic and Anaerobic Metabolism)

حيث تتم دراسة التمثيل الهوائي (Aerobic soil metabolism) لميتيقات السموم بالتربة للتعرف على حركية التفاعلات المتعرض لها كذلك نواتج تمثيله ودرجة سميتها حتى يمكن الاستفادة من نتائجها من حيث درجة تحمل الكائنات الحية الدقيقة الحيوانية والنباتية كذلك أثرها على النبات المزروع وطبيعة هذه الممثلات و أثرها على تلوث الهواء الجوي (خاصة مع السموم المتطايرة والمتسامية) تبعا لدرجة حرارة التربة والضغط البخاري لها .

أما دراسة التمثيل اللاهوائي (Anaerobic soil metabolism) تتم بتعرض المتبقيات لظروف لا هوائية عندما توجد على عمق أسفل سطح التربة كذلك وأثرها على نواتج التحلل وطبيعة الممثلات الناتجة ومستوياتها الكمية وسميتها على الكائنات الحية الموجودة معها .

كما تتعرض جزيئات السموم لتمثيل لا هوائي في قاع المترسبات (الطين) بالأنهار والمصارف والترع وذلك بغرض دراسة درجة ثبات هذه المتبقيات ونواتج تمثيلها تحت هذه الظروف اللاهوائية المائية الطينية ومعرفة فترة نصف حياة هذه المتبقيات

ومن الأهمية بمكان في هذا الصدد أن نذكر أن عمليات التمثيل الهوائي أو اللاهوائي تؤدي لتكوين نواتج أو ممثلات أكثر سمية من المركب الأصلي (وهو ما سيأتي ذكره فيما بعد بالتفصيل) أو نواتج أقل سمية ففي الغالب حيث تكون فترة نصف الحياة أقل وتكون المحصلة النهائية في النهاية هي النقص التدريجي في كمية هذه المخلفات مع مرور الزمن وعند تمثيلها بيانيا أي معدل الاختفاء والذي يتناسب طرديا مع التركيز ومع مرور الوقت نحصل على منحنى يسمى بمنحنى الاختفاء (Disappearance) ويلاحظ أن أي خط منها يتكون من ثلاث مراحل أو أطوار (Phases) كما بالشكل رقم (٢٧-٢٨) .



شكل رقم (٢٧-٥) : منحنى الاختفاء لملوث وموضحا عليه مراحله الثلاث

١-الطور الأول (Lag phase) :

وفيه لا يحدث فقد ملموس أو محسوس ويرجع ذلك لأن الكائنات الحية تبدأ بالتكيف على جزيئات المركب أولا لتقوم بعد ذلك بتحليلها حيويًا والاستفادة من نواتج تمثيلها كغذاء ومصدر لطاقتها بإدخال بعض أو كل مكوناتها في دوراتها الحيوية وهنا تحدث زيادة كبيرة في مجموعة (أعدادها) حتى تصل لمستويات قادرة على تمثيله وتحطيمه .

فعند تمثيل العلاقة بين تركيز جزيئات المركب والزمن خاصة مع جزيئات المركبات المتطايرة والغير متحولة ميكروبيًا لم تظهر هذه المرحلة وربما يرجع لحدوث انحلال سريع لجزيئات المركب بالكثير من الدراسات . ويلاحظ أنه عند إضافة كمية أخرى من متبقيات المركب السام فإنها تحتاج لفترة (Lag period) حتى تتأقلم مرة أخرى عليها وتنتج إنزيماتها المحللة

٢-الطور الثاني (2 nd phase) :

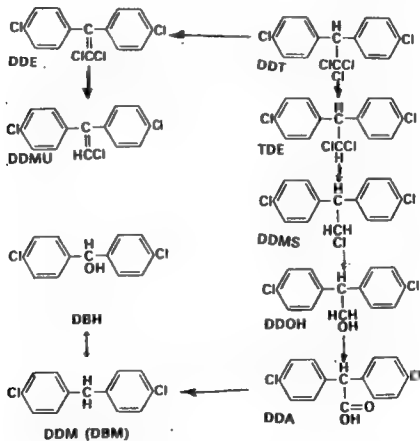
وفيه يحدث انحلال سريع حيث يتناقص تركيز جزيئات المركب سريعاً مع الوقت .

٣-الطور الثالث 3 nd phase :

وفيها يحدث انهيار بطيء فقط للمركب وبمعدل متقارب .

وفيما يلي بعض الأمثلة لمسارات هدم أفراد من مجموعات مختلفة من
المسوم :

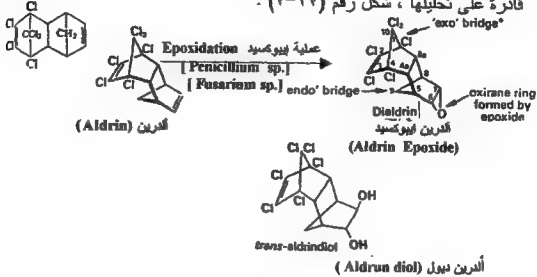
١- مجموعة السموم الهيدروكربونية العضوية الكلورونية :
حيث تكون أهم خطورة للتمثيل الميكروبي فيها الاختزال من خلال إزالة
الكلور (Red. dechlorination) أو الأكسدة خاصة بعد ذلك ، شكل رقم (٦-٢٧)
أو قد يكون التمثيل في صورة عملية ديهيدروكلورة (Dehydrochlorination)
في صورة جزيئي كلوريد هيدروجين :



شكل رقم (٦-٢٧) : مسار هدم مركب دنت ميكروبيا

٢- مجموعة السيكلودايينات (Cyclodienes) :

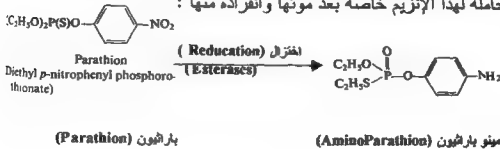
وهي مجموعة من السموم الثابتة جداً (High Stability) ولقد قام (Matsumura) بعزل ١٥ نوع من البكتريا من ٦٠٠ بيئة بكتيرية من التربة قادرة على تحليلها ، شكل رقم (٧-٢٧) .



شكل رقم (٧-٢٧) : مسارات هدم مركب الألدرين بيولوجيا

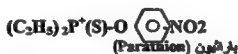
٣- مسارات هدم لمجموعة السموم الفوسفورية العضوية :

حيث الآلية الشائعة لهدمها ميكروبياً هي عملية التحليل المائي بإنزيمات الاستيريز (Esterases) ، شكل رقم (٨-٢٧) حيث تنتشر هذه الكائنات الحية الحاملة لهذا الإنزيم خاصة بعد موتها وانفراذه منها :



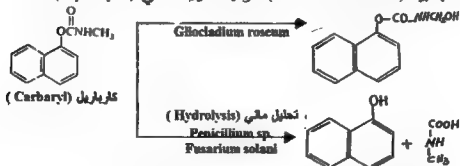
شكل رقم (٨-٢٧) : مسار هدم مركب الباراثيون ميكروبياً

في حين تكون الآلية الشائعة لهدم مثل هذه المركبات بالحيوانات الراقية (Higher animals) هي الأكسدة والتي غالباً ما تتم بنظام الأكسدة ذو الوظيفة المختلطة (Mixed Function Oxidase : MFO) وهنا يكون المركب سهل المنال بعمليات التحلل المائية ، شكل رقم (٢٧-٩).



شكل رقم (٢٧-٩) : مسار هدم مركب الباراثيون بالحيوانات الراقية
بإنزيمات الأكسدة ذات الوظيفة المختلطة

٤-هدم السموم الكريامتية العضوية :
حيث يكون مسار الهدم الأساسي لمركب الكارباميل بأكسدة كبريت
السلسلة الجانبية (Side chain oxidation) أو بالتحليل المائي (Hydrolysis) :



شكل رقم (٢٧-٩) : مسار هدم الكارباميل بيولوجيا

٥- هدم مركبات اليوريا العامة :

حيث تتهار مركبات الفينيل يوريا ميكروبيا خاصة في التربة الفقيرة فسي المادة العضوية حيث تبقى جزيئات هذه المواد بدون امتصاص وذلك من خلال تفاعل تحليل مائي بإزالة مجموعة الكيل ، شكل رقم (٢٧-١٠) :



شكل رقم (٢٧-١١) : مسار هدم مركب داي ميثيل فينيل يوريا .

٦- هدم مجموعة التراي أزينات :

مثل السيمازين والأترازين والبروبازين والمونيرون وتمتاز بطول فترة بقاء متبقاياتها في التربة وحتى ١٨ شهر ويكون مسار الهدم الرئيسي بها من خلال إزالة مجموعة إيثيل المتعلقة بذرة النيتروجين (N-Dealkylation)

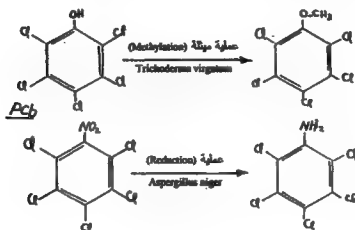


٤،٦-١٥-هيدروكسي-٦-أمينو-٥-تراي أزين
(Amelide : أميليد)

شكل رقم (٢٧-١٢) : مسار هدم مجموعة التراي أزينات .

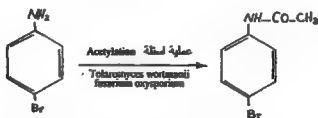
٧- هدم الكلورفينولات والنيتروكلورفينولات :

يتم هدم الكلورفينولات والنيتروكلورفينولات من خلال تفاعل إضافة لمجموعة ميثيل (عملية ميثلة : Methylation) كما في مركب (Pcb) أو من خلال الاختزال بالنسبة للمجموعة النيترو ، شكل رقم (٢٧-١٣) :



٨- هدم الأمينات الأروماتية :

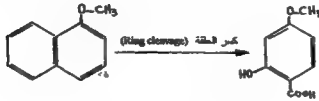
حيث يتم هدم الأمينات الأروماتية من خلال عملية أستلة حيث تستبدل ذرة هيدروجين مجموعة الأمين بمجموعة أسيثيل (CO-CH₃) ، شكل رقم (٢٧-١٤) :



شكل رقم (٢٧-١٤) : مسار هدم الأمينات الأروماتية حيويًا

٩- هدم النافثينات :

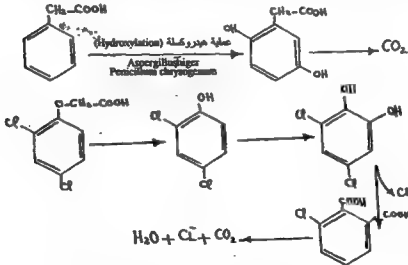
حيث يتم هدم المركبات الأروماتية النافثالينية ميكروبيا من خلال كسر الحلقة (Ring cleavage) كما بالمركب التالي وقد يتبع عملية الكسر عمليات أكسدة أو هيدروكسلة ، شكل رقم (٢٧-١٥):



شكل رقم (٢٧-١٥) : مسار إنهاء النافثينات ميكروبيا

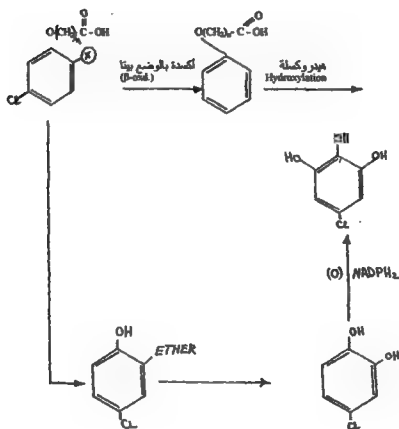
١٠- هدم الأحماض الأروماتية ميكروبيا :

حيث يتم هدم الأحماض الأروماتية ميكروبيا بإندخال مجاميع هيدروكسيل للحلقة وذلك من خلال عملية هيدروكسلة (Hydroxylation) حتى تنتهي عمليات الهدم بثاني أكسيد الكربون ، شكل رقم (٢٧-١٦) :



شكل رقم (٢٧-١٦) : مسار هدم الأحماض الأروماتية ميكروبيا

١١- هدم فينوكسي الكانوات (Phenoxy alkanoate) :
 يتم هدم مركبات فينوكسي الكانوات وذلك من خلال مسار عمالية
 هيدروكسلة (Hydroxylation) ، شكل رقم (٢٧-١٧) :



شكل رقم (٢٧-١٧) : مسار هدم مركبات فينوكسي الكانوات

كيفية أخذ وإعداد وتجهيز واستخلاص وتنقية وتقدير عينة تربة ملوثة بجزيئات السموم

حيث يتم أخذ عينات التربة بأعماق مختلفة (وغالبا ما تؤخذ ابتداء من عمق صفر- ٥ أو ١٠-٥ أو ١٠-١٥ أو ١٥-٢٠ سم) حيث تؤخذ عدة عينات من كل عمق وتخلط جيدا وتكون عينة مركبة (Composite sample) يتم نخلها للتخلص من الحصى (منخل ١٨ مش) وتخزن تبعا لنوعية الجزيئات السامة بها لحين أخذ العينة النهائية منها (Final sample) ويوزن لا يقل عن ٥٠ جم للتحليل كما يلي :

- تؤخذ عينة التربة وتفرّد في صورة طبقة رقيقة (Thin layer) على لوح زجاجي أو ورق ألومنيوم (Aluminum foil) لمعادلة محتوى الرطوبة بالعينة بمثلتها بالهواء الجوي لمدة يوم وليلة (Overnight) .
- يؤخذ ١٠ جم من التربة وتوضع في كستبان سوكسلت (Thimble) ثم يضاف إليه ١٠ جم كبريتات صوديوم لا مائية وتخلط معها جيدا بقضيب زجاجي (Stirring rod) فيلاحظ انسياب العينة بحرية وليست متكتلة (Lumpy) ثم توضع في مكانها بالجهاز .
- يضاف مخلوط المذيب (أسيتون : هكسان ١:١) في القارورة السفلية المستديرة (Round bottom fleck) بوحدة سوكسلت (Soxhelt) مع إضافة قطع زجاج صغيرة لمنع الفوران ويوضع المذيب بكمية كافية بحيث يسمح بملء أنبوبة الاستخلاص (Extraction tube) لتعطي السيفون ، ثم يتم تثبيت باقي أجزاء وحدة سوكسلت وتثبت رأسها في حمام مائي مزود بمتغير حراري للتحكم في درجة حرارة الماء والتي يجب أن تعطي ٦ دورات استخلاص كاملة في الساعة (٦ سيفون/ساعة Six) Complete Cycle /hr) والدورة الواحدة هي ملئ أنبوبة الاستخلاص بالمذيب المتبخر من القارورة المستديرة السفلية حيث يتم تكثيفه بالمكثف وعندما يصل ارتفاعه بها إلى مستوى الأنبوبة (أ) يتم نزوله بالسيفون (Siphoning) مرة أخرى للقارورة السفلي فإذا كان معدل حدوث الدورة (> ٦ سيفون / ساعة) فإنه يجب تخفيض درجة حرارة الحمام المائي حتى لا يسخن المكثف سريعا ويسمح بتشريب الأبخرة دون تكثيفها والتي قد

تعمل معها مثبقيات المركب المستخلص ، أما إذا كان المعدل منخفض (< ٦٠ سيفون/ساعة) فترتفع درجة حرارة الحمام المائي وإلا فالعينة لا يحدث بها استخلاص كامل . ويترك الجهاز يستخلص لمدة ٨ ساعات ثم يرفع من الحمام ويبرد وتفكك أجزائه ويؤخذ الدورق المستدير بما فيها من سائل الاستخلاص .

- يتم تجميع (Assemble) وحدة كيورنا داتيش ٢٥٠ ملل مزودة بأنبوبية بتركيز مدرجة ١٠ ملل ويوضع بداخلها ٣ مم زجاج مكسر لمنع الفوران وينقل إليها المستخلص باستخدام ثلاث دفعات للغسيل بقدر ١٠ ملل مخلوط أسيتون : هكسان (١:١) ثم يركب عليها عمود سيندر ذو ثلاث كرات وتوضع في حمام مائي يغلي لتركيز المستخلص حتى ٥ ملل (بعد التبريد) ويراعى عدم التبخير لأكثر من ذلك حتى لا يزيد الفقد في مكونات العينة ، كذلك يراعى هز الوحدة من أن لآخر حتى لا يحدث تسخين زائد (Superheating) فيقذف بالمذيب خارج عمود سيندر دفعة واحدة وهذا أيضا يؤدي لفقد في مكونات المتخلصة .
- يتم التيقية بعمود الفلوروسيل [من الخطوة رقم ٤-٩] وبم الحقن في جهاز الكروماتوجرافي الغازي مقارنة بمعدل الاسترجاع ، جدول رقم (٢٧-٣) .

* ويلاحظ :

- في حالة احتواء المركب على ذرة كبريت فإنها تزاح مع مخلوط الإزاحة ٦ % داي إيثيل إيثر في البتروليوم إيثر وتزال من خلال إضافة ٢/١ جم رقائق نحاس لامعة (Shing) (أما إذا كانت غير لامعة Tarnited) تنقع في حمض نيتريك وهيدروكلوريك لدقائق ثم ترفع وتغسل بالماء المقطر وتجفف ثم تثبت باقي أجزاء وحدة الكيورنا داتيش بعمود سيندر المطور الدقيق وتوضع بحمام مائي للغليان حتى نجد أن الغلالة النحاسية أسود لونها لتكوين كبريتيد النحاس (Copper Sulfide) وهذا دليل لإزالة الكبريت وتكرر العملية السابقة إذا ما وجب ذلك . ثم ينقل المستخلص كيميا لأنبوبية تركيز مدرجة مرة أخرى باستخدام نفس المذيب ولكن بدورة غلالة النحاس ويتم غسل الأنبوبية والغلالة بالبتروليوم إيثر ثلاث مرات ويجمع مذيب الغسيل بالأنبوبية الجديدة ثم يتم تركيزها للحجم المطلوب .

جدول رقم (٢٧-٣) : % لمعدل الاسترجاع لعدة مركبات تم استخلاصها وتثبيتها قبل وبعد التعرض للنحاس لإزالة الكبريت

المركب	% لمعدل الاسترجاع قبل التعرض للنحاس	% لمعدل الاسترجاع بعد التعرض للنحاس
لتدين	85.30 ± 0.45	٩٤,٨٠
هبتا كلور	87.80 ± 9.45	٩٦,٦٠
باراجيرا - ندا (P,P DDE)	38.10 ± 6.35	١٠٢-٩٠
ديلدزين	88.30 ± 6.21	٩٤,٦٠
باراجيرا - ددد (P,P DDD)	91.20 ± 6.89	-
باراجيرا - ددت (P,P DDT)	94.20 ± 8.92	٨٥,١٠
بنزين هكساكلوريد	-	٩٨,١٠
هبتاكلور	-	٥,٤٠
إندرين	-	٨٩,٣٠
باراجيرا - ددت (PP- DDE)	-	٨٥,١٠
كلوروبنزيلات	-	صفر
أروكلور (١٢٥٤)	-	١٠٤,٣٠
مالاثيون	-	صفر
ديالريون	-	صفر
باراثيون	-	صفر
اثيون	-	صفر

أخذ وإعداد وتجهيز واستخلاص وتنقية عينة رسوبية (Sediment) :

تؤخذ العينات الرسوبية السطحية الرملية (Sandy sediment) بوحدة (Ekman dredge) فهي تماثل لشكل الكراكة (Steam shovel) فهي مغرفة ثقيلة (Scoop) تربط بحبل وتسقط بالماء وعندما تصطدم المغرفة تحفر بسطح الرمال المترسبة في قاع النهر أو البحر بواسطة فكها (Jaw) بالطبقة السطحية وهنا يتم سحب الحبل فيقلل الفك بعد أن يكون جمع بداخله العينة والتي تختلف حجمها تبعاً لحجم المغرفة (٥٠٠ - ١٠٠٠ جم) وتؤخذ العينات من مواقع مختلفة بالموقع موضع البحث وتخلط ليتسنى تماثلها .

أما العينات بالطبقة المترسبة (Loamy (Mucky Sediment) وهي أصعب من الأولى خاصة تبعا لعمق النهر أو البحر أو الماء الموجود حيث أنه من المحتمل أن يضطر للحفر تحت هذا العمق السطحي لأخذ العينة وفي حالة عمق المياه الكبير فمن الضروري أن يتم هنا الغطس (Dive) لأخذ العينة وتؤخذ عدة لأخذها تسمى (Peterson dredge) وهي تماثل الأولى كثيرا ويختلف شكلها وسمكها باختلاف حجمها (٥٠٠-١٠٠٠ جم) .

ويتم تجهيز هذه العينات بأنواعها السابقة بصرف (Drain) محتواها المائي وتترك العينة لفترة حتى يتجمع المحتوى المائي على سطحها العلوي فيسكب وتكمل باقي خطوات التحليل كما سبق .

الباب الثامن والعشرون

الكتلة الحية
والسموم والملوثات البيئية

الكتلة الحية والسموم والملوثات البيئية :

يؤدي تلوث الهواء الجوي أو المياه بأنواعها من أنهار وبحيرات عذبة أو بحار ومحيطات وبحيرات مالحة أو تربة/ترسبات (Soil/Sediments) كمكونات للنظام البيئي (Biota Component) إلى تلوث مكون الكتلة الحية (Biota) سواء كانت :

١-كتلة حية نباتية (Plant biota) :

وهي تمثل المجموع النباتي النامي سواء على التربة أو في المياه
١-١-كتلة حية نباتية أرضية : كالنباتات المختلفة والأشجار والمحاصيل الغذائية ونباتات الخضر والفواكه وبعض الفطريات النامية في وسط التربة الرطبة وهنا يكون مصدر تلوثها بالسموم من خلال الهواء الجوي المحيط بها والتربة الملوثة أو من مياه الري الملوثة.

١-٢-كتلة حية حيوانية (Animal biota) :

وهي تمثل المجموعة الحيوانية التي تعيش على سطح التربة أو في المياه.

أولا :التلوث الكيميائي لمصادر الغذاء النباتية والحيوانية :

أدي تلوث التربة كمكون له أهميته ودوره الهام من مكونات النظام البيئي إلى خلل في التوازن البيئي لم يستثنى أي من مكونات النظام البيئي فكانت نتيجته تدهور الكساء النباتي الطبيعي (Vegetation climax) بكثير من مناطق العالم مما أدي لانقراض العديد من النباتات البرية كمكون هام وضروري من عناصر توازن البيئة علاوة علي نقص العديد من المحاصيل النباتية كميًا ونوعيًا والتي مازال الخطر يهددها تدريجيا بالانقراض مع الوقت . فالبيود (131) والملوث للهواء الجوي والمراعى والنباتات ينقل منها للابقار بتغذيتها عليها ثم يفرز في حليبها ويتركز بالغة الدرقية للإنسان المستهلك للألبان فيؤدي لحدوث سرطان بالحجرة كذلك

كذلك الفلور والناجم من صناعة الألومنيوم والفوسفات يتركز بمناطق الأشجار والغابات الطبيعية المجاورة لهذه الصناعات ويتسبب في حرق أوراقها خاصة اللقم النباتية وقد يؤدي لموتها حيث تتأثر النباتات والأشجار المستديمة الخضرة بها أكثر من متساقطة الأوراق فيقتل إنتاجها وموتها في النهاية فهو بمثابة تندهور وانهيار كلى غير معكوس للجهاز البيئي .

كذلك تؤدي أكاسيد الكبريت الملوثة للهواء الجوى بالمناطق المحيطة بأماكن التصنيع والتعدين ومعامل تكرير البترول ومحطات توليد الكهرباء إلى حرق بأوراق النباتات وأشجار الغابات وغالباً ما يؤدي التلوث للهواء المحيط والتربة إلى زيادة قدرة النبات على امتصاص بعض العناصر كالحديد والمنجنيز والزنك و النحاس ثم تبدأ لها عملية إعادة توزيع (Redistribution) لها داخل أنسجة النبات فتزداد تركيزها بالساق وتقل بالأوراق .

كذلك تتراكم النترات بقمم النباتات خاصة في محاصيل العلف حيث يزداد امتصاص نبات الذرة للعناصر المسابقة في وجود آثار نتيجة رش أي مبيد فاستخدام المبيدات له تأثير ضعيف في زيادة الامتصاص بل وجد أنه يقلل امتصاص أربعة عشر أيون آخر كذلك لوحظ تراكم النترات بقمم نبات بنجر السكر ونسبة تصل إلى ٤.٥% فيؤدي إلى حالة تسمم. ولقد لوحظ أن وجود متبقيات للنترات تؤثر في مقدرة النبات على امتصاص الفوسفور وتوزيعه وحركته بأجزاء النبات وتداخل المتبقيات مع نواتج تمثيل الفوسفور وتكوين النيوكليوتيدات أثناء التنفس وإنتاج الطاقة وبناء البروتين.

ويجب الأخذ في الاعتبار أن زيادة محتوى التربة عن النترات لتلوثها يشجع أنواع معينة من البكتيريا على النمو والنشاط مما يؤدي لزيادة عددها فيزداد نشاطها في تحويل النترات (NO_3^-) تتفاعل مع نواتج تحليل المحتوى العضوي في التربة (سواء أكانت مصدرها سمادي أو ملوثات

سامة كالمبيدات مثلا) ويتكون نيتروز أمين (Nitrosamine) المسرطن (Carcinogenic) والتي يمكن وأن تنتقل بدورها خلال السلسلة الغذائية للحيوانات الراقية ومنها للإنسان بنهاية السلسلة الغذائية (Food chain).

ولا يفوتنا التنويه بالنسبة للأسمدة المعدنية والتي دائما ما تحتوى على شوائب ضارة مهما بلغت نسبة نقاوتها وذلك أثناء تجهيزها (Formulation) وهى في الغالب كما في حالة الأسمدة الفوسفاتية عناصر ثقيلة كالرصاص والكاديوم و الزئبق والفلور والزرنيخ والتي تتراكم مع مرور الوقت و الاستخدام المتكرر حيث يتسرب بعضها بين مسام التربة (بيئة المحاصيل والخضر والفواكه والتي تمثل المصدر الغذائي النباتي) وكمية منها تمتص بالنباتات النامية في التربة وكمية منها تمتص بالكائنات الحية الدقيقة في التربة والتي بموتها وتحللها بنهاية فترة حياتها تضاف هذه العناصر مرة أخرى للتربة (بيئة مصادر الغذاء النباتية) وقد تتأكل بعض الكائنات الحية على هذه العناصر ويتمكن من امتصاص كميات لا بأس منها أثناء تغذيتها وباستمرار ذلك يزداد تراكمها حيويًا (Bioaccumulation) ويمكن الخطر عندما تكون هذه الكائنات إحدى مراحل السلسلة الغذائية فيزداد تركيزها أكثر بالأخيرة وهو ما يسمى بالتضخم الحيوي (Biomagnification) وكل من العمليتين تؤدي للترايد المستمر لتركيزها خاصة مع الترقى في السلسلة الغذائية أو الحيوانات الراقية ثم الإنسان في النهاية .

كذلك يؤدي زيادة مستوى تلوث التربة بالكبريت (أكاسيد الكبريت) لانخفاض معدل الامتصاص الآزوتي . كذلك تؤدي زيادة امتصاص المغنيسيوم في التربة الملوثة إلى امتصاص عنصر الكالسيوم من التربة كذلك يؤدي تلوث التربة بالعناصر القاعدية لارتفاع قاعدية التربة خاصة إذا ما كانت أراضي مستصلحة قاعدية في الأصل وهو بدوره ما يؤدي لانخفاض كفاءة المجموع الجذري في الاستفادة من العناصر الكبرى والصغرى بامتصاصها وفي النهاية يفقد لخلل في التوازن الطبيعي في محتوى التربة من العناصر .

وثبت علميا تلوث المحاصيل والمنتجات الزراعية خاصة عن طريق أو مسار المعاملة المباشرة لها أثناء مرحلة وجودها بالحقل من خلال برامج مكافحة الآفات الزراعية وذلك بصرف النظر عن طريقة المعاملة أو عن طريق امتصاص النباتات لجزيئات المبيدات من التربة الملوثة بها أو بملامستها للهواء الملوث بها خاصة عقب المعاملة لانتشار القطرات الدقيقة في الهواء الجوي (ولو أن هذه الطريقة تعتبر تلوث ثانويا حيث يكون التعرض (Exposure) لفترة محدودة دقائق وقد تمتد لساعات قليلة وعقب المعاملة فقط) وهنا يجب ألا يفوتنا في هذا الصدد انتقال مثل هذه المتبقيات مع الرياح لمناطق مجاورة غير معاملة والتي للأسف حجم المشكلة الناجمة عنها لا يمكن قياسه بدقة .

كذلك كانت لمتبقيات الكيماويات الزراعية (Agrochemicals) خاصة مبيدات الآفات الزراعية (Pesticides) فقد أدى استخدام مبيد الدالابون (Dalapon) وهو مبيد من مجموعة الأحماض الأليفاتية إلي تراكم كبير في المحتوى الفيتاميني بالسوق ونقصها بالأوراق مع نقص في محتوى الريبوفلافين و الثيامين والنيكوتين بالأوراق وزيادتها بالسوق . كذلك حدوث تداخل في تمثيل حمض البانتوثينيك (Pantothenic acid) . في حين أدى استخدام مبيد الحشائش (Herbicides) والمسمى بالجليفوسات (Glyphosate) لزيادة في المحتوى النيتروجيني الكلى بالحبوب وزيادة نسبة تخليق بعض الأحماض الأمينية لبروتين بالساق مع نقصه في الأوراق و الجذور في نفس الوقت أدت لتثبيط تخليق الأحماض الأمينية الأروماتية حيث أن مجموعة ن - فوسفونوميثيل جليسين يثبط تخليقها الحيوي فلو حظ بعد المعاملة بسنة ساعات زيادة المحتوى الكلى للأحماض الأمينية والمحتوى النيتروجيني والذي يعزى لارتفاع الإيثان والامونيا الناجمة عن تمثيله . أما بالنسبة لمخزون السكريات و الكربوهيدرات فتتخفض وينخفض معدل التحلل المائي للسكريات المتعددة حيث تؤدي متبقياته لضعف عملية البناء الضوئي في نبات الفول وتثبيط تفاعل هيل (Hill reaction) بالكوربلاستيدات أثناء عملية التمثيل الضوئي لإنتاج الطاقة المدعمة لعملية الفسفرة .

وفي دراسة أخرى وجد أن معاملة فول الصويا بمركب ٤،٢-أدى لنقص في امتصاص عنصر الفوسفور بينما لوحظ زيادة امتصاص ونمو نبات الفول (White bean) من حيث زيادة الفوسفور في الجذور مع هبوط حاد لقيمتها في الأوراق مع زيادة الأحماض النووية والبروتين وحمض الريبونيكليك (RNA) لأنسجة السوق في الخيار . أيضا تؤثر متبقيات مجموعة مركبات الفينوكسي يتداخلها مع الهرمونات حيث تتداخل مع مواقع تفاعل الأكسجين الذي يمثل داخل النبات مؤدية لخلل في الاتزان الهرموني فيؤدي بدوره لحدوث نموات شاذة في نفس الوقت فإن الخلل الناجم عنها في العمليات البيولوجية يسرع من شيخوخة النبات لقصور في وظائف المجموع الخضري الفسيولوجية . أما بالنسبة لبقايا الأحماض الأليفاتية مثل مركب (TCA) فتؤدي إلى ترسب البروتين عند تركيزات منخفضة . كما تؤدي بقايا مركب TCA والدلايون لتأثير على معدل تخليق الدهون في حين ترتبط بقايا مركبات الأترازين (Atrazines) بحمض الجلوتاثيون في نبات المسورجيم بربطة كبريت حيث يعمل إنزيم الكاربوكسي بيبتيداز كمعامل مساعد لتكوين الارتباطات ثنائية البيبتيد.

أما بقايا بعض المركبات الكرباماتية كمجموعة الثيوكرامات والأميدات كالبروباكلور (Propachlor) والبروبانوميد (Propnamide) والذي نيتروأنيلين (Dinitro anilines) بعد امتصاصها بالجذور أو الأجزاء الخضرية تؤثر على الانقسام الخلوي (المرسيمات الأولية).

ولقد أشارت تقارير منظمة الصحة العالمية بحدوث حالات التسمم التالية : ففي اليابان تسمم نحو ١٥٠٠ شخص ما منهم في أواخر الستينات ٣٣٦ كذلك مات ١٠٠ شخص بالهند بالتسمم بالباراثيون بينما كان العدد في سوريا ٧٤ حالة تسمم بنفس المركب وفي أوائل السبعينات تسمم ما لا يقل عن ١٠٠ حالة في جواتيمالا والسلفادور كذلك حالات وفاة بالسعودية نتيجة التغذية على خبز ملوث لمعاملة القمح بالإندرين.

كذلك أدى تناول دقيق القمح والشعير والمعامل بالمركبات الزئبقية لتسمم ٥٠٠٠ حالة بالعرق مات منهم ٤٠٠ حالة عام ١٩٧٢ وفى عام ١٩٧٣ اشارت لحدث ٥٠٠,٠٠٠ حالة بلغت الوفيات خمسة آلاف حالة (١%) بسبب السموية الحادة دون الأخذ في الاعتبار حالات التسمم المزمن. وبلغت في عام ١٩٨٤ (٢٢,٥٠٠) حالة موت بسبب السموية الحادة في دول العالم الثالث. وفي أواخر نفس العام ١٩٨٤ أدى تسرب غاز ميثيل أيموسينات من مصنع يونيون كاربيد بمدينة بوبال بالهند إلى تسمم ١٢,٠٠٠ شخص و وفاة ٢٥٠٠ شخص وفي مصر بلغ عدد الوفيات المسجلة في الفترة من ١٩٦٦-١٩٧٧ من ٥١٠-٢٢٩٨ حالة تسمم ويرى البعض أنها أقل من الواقع والممكن حصره فهناك حوالي ٢ مليون حالة تسمم سنويا منها ٤٠ ألف حالة وفاة بسبب المبيدات ويمثل نسبة ٧٥% منها بالدول النامية وحدها. كذلك أدى استخدام مبيد الفوسفيل عام ١٩٧١ بمحافظة الغربية و في بلدة قطور إلى شلل عدد كبير من المواشي وموت ١٣٠٠ جاموسة وتسمم ٦ أشخاص وقد أدى نفس المركب لحوادث مماثلة عامي ١٩٧٣، ١٩٧٤ بمحافظة الشرقية والدقهلية والفيوم والمنيا كذلك أدى رش مخلوط تمارون/جوثانيون على القطن لتسمم أكثر من ١٠٠ شخص و موت ١٨ شخص على الأقل ذلك بخلاف الحالات التي تحدث دون تسجيل.

كذلك ما حدث في منطقة ميتاماتا باليابان حيث تراكمت مبيقات الزئبق بالأسماك فأدى بحياة الآلاف من المواطنين طيلة عشرون عام نتيجة صرف مخلفات مصانع البلاستيك المحتوية علي الزئبق واستخدامها في ري الأرز.

كذلك لوحظ تحول جزيئات مركبات الكريامات إلي نواتج تمثيل ذات تأثير مسرطن : نيتروز أمين تمتص بالنباتات خاصة الزيتية منها كالخس أو السبانخ كما أنها ذات تأثير مسرطن خاصة عند تحويلها وتمثيلها بمعدة الحيوانات حيث الحموضة و أملاح النتريت وظهر هذا في مركب بروبانيل والذي يتحول إلي أزوبنزين ذو أثر باقى طويل لطول فترة بقاءه و تأثيره الطفرى .

وفي نتيجة لدراسة أجريت في السويد لتقييم مستوى متبقيات مركب الدنت ومماكلاته (دد : DDD ، ددأ : DDA) في حليب الأبقار ولبن الأم المرضع ، جدول رقم (٢٨-١) والتي بناء عليها قام الأطباء بنصح الأمهات بعدم إرضاع أطفالهن مع العلم بأن اللبن هو الغذاء الأساسي والوحيد طيلة فترة الرضاعة مع الأخذ في الاعتبار ما أوصت به هيئة الصحة العالمية بضرورة عدم وجود أي متبقيات للمبيدات في اللبن المستخدم في تغذية الأطفال حيث حد الأمن لها - صفر ويلاحظ وبصورة واضحة من الجدول سدي درجة تركيز متبقيات المركب ومماكلاته في لبن الأمهات .

جدول رقم (٢٨-١) : مستوى متبقيات مركب الدنت ومماكلاته في حليب الأبقار ولبن الأم :

المركب	المستوى بحليب البقر (مللج/كج دهون)	المستوى بلبن الأمهات (مللج/كج دهون)	النسبة
مركب دنت	٠,٠١	٠,١٩	١ : ١٩
مركب دند	٠,٠٢	٠,٢٩	١ : ١٤,٥
مركب ددأ	٠,٠٣	١,٥١	١ : ٥٠,٣٣

وربما يرجع حساسية الإنسان للتأثيرات السامة أكثر عما في حالة الفئران ما أوضحه العالم Brooks سنة ١٩٨٠ بأن الإنسان أقل الكائنات قدرة من حيث كفايته وقدرته علي التخلص من السموم (Elimination) مقارنة بحيوانات التجارب خاصة عند تعرضه لمخاليط من متبقيات مثل هذه المركبات وهو يفسر ما نشرته هيئة الصحة العالمية (WHO : World Health Organization) بأن أكثر من ٧٠% من حالات إصابة الإنسان بالسرطان تغزى إلي تعرضه للملوثات في بيئته وغذائه .

ومن الأهمية بمكان في هذا الصدد التنويه للتأثير المتداخل (Interaction effect) السببي لبقايا المبيدات والتي تراكمت بداخل الجسم والأنوية المستخدمة في علاج بعض المرضى حيث وجد أن تأثير مضادات الهستامين والستيرويدات (الكورتيزون) يقل تأثير فعلها مع تواجد المبيدات بالجسم . كذلك أدت وجود متبقيات لزيادة سمية الكوبراسانين و الباريتيورات و الريزربين وبعض المهدئات الأخرى .

كذلك لوحظ أن متبقيات السموم الهيدروكربونية العضوية الكلورونية تنشط خماثر ميكروسومات الكبد والمختصة بأبيض الأدوية فتسرع من أيض الهكسوكاربينيل والأمينوبرين والكلورمازين والوارفارين والتينيل بيوتازون كذلك لوحظت علاقة بين متبقيات الإندرين والديميثوات مع أدوية علاج مرضى السكر التجريبي مثل عقار الجالبيذ كلاميـد (مشتقات سلفونيل يوريا) والميثورين (ثنائي الجواتين) والأنسولين حيث أدت تواجد متبقيات الإندرين والدايميثويت لإزالة مفعول الجالبيذ كلاميـد المخفض للسكر بالدم ومع الأخذ في الاعتبار أن اضطراب مستوى السكر بالدم يعد عامل هام مسبب لأمراض القلب .

ومن المناقشة السريعة السابقة يجب تقدير مستوى التلوث بمكونات النظام البيئي (هواء-ماء-تربة/ترسبات) وكذلك مستوى التلوث بمصادر المواد الغذائية خاصة للكمالويات الزراعية والموصى باستخدامها سواء أكانت أسمدة زراعية ونواتج تحللها والعناصر الثقيلة التي تصاحب عملية إنتاجها (حيث يصاحب عملية إنتاج الأسمدة النيتروجينية مركب البيوريت ١% والنترت كما يصاحب إنتاج الأسمدة الفوسفاتية عناصر ثقيلة مثل الكوبلت والرصاص والكاديوم والنيكل والزنك خاصة مع التزايد المستمر والمغالاة في استخدامها مع التوسع الرأسي والأفقي في الزراعة و بالأخص زراعة الأراضي الجديدة والصوب أو مبيدات أقات زراعية والموصى باستخدامها على فترات ممتدة بعد المعاملة ثم تقدير مستوياتها إن وجدت عند الحصاد للمحصول النباتي السابق معاملته خاصة مع المركبات ذات الأثر الباقي الطويل كذلك يجب دراسة الصفات الطبيعية والكيميائية للمنتج النباتي المعامل من حيث نوعية (Quality) وكمية

(Quantity) المنتج كذلك دراسة عن المكونات الحيوية الكيميائية لمكونات هذا المنتج من حيث تغيرها نوعيا وكيميا . ثم يلى ذلك تقدير كمية المتبقيات المتناولة في الغذاء اليومي من الخضراوات والفواكه واللحوم ومنتجات الألبان خاصة ما يؤكل منها طازجا ومن هنا وجب أيضا تقدير مستوى المتبقيات في الغذاء : العلف الحيواني (نباتي أخضر - علائق مجهزة).

ففي نتائج الدراسة التي أجراها المعمل المركزي للمبيدات في بنسى سوف واليوم عام ١٩٨٥ و التي أشارت بوجود متبقيات لمبيدات هيدروكربونية عضوية مكلورة سبق إيقاف استخدامها بالعالم وبمصر منذ فترة طويلة إلا أن متبقيات لها مازالت للأن لكونها مركبات ذات أثر متبقي طويل (Long residual effect) مثل مركب الدنت ومثلاته ومماكانته كذلك سانس كلوريد البنزين والكلارين والديلدرين ومركب الهبتاكلور ومشقة الأكسجيني هبتاكلور إيبوكسيد حيث تعدت كميات متبقياتها الحدود المسموح بها بتواجدها من قبل لجنة دستور الأغذية لمتبقيات المبيدات. وباستكمال نفس الدراسة عام ١٩٨٦ لوحظت زيادة في مستوى المتبقيات خاصة بالأسماك موضع الدراسة (بلطي - غرموط) وهو ما يشير من وجهة نظر المؤلف لحدوث ظاهرة تضخم حيوي (Biomagnification) وفي عام ١٩٨٧ تم تحليل لبن الأمهات حيث وجدت متبقيات لمركب بارا، بارا-دنت ومثلاته بارا، بارا-دنت وبمقارنة الكمية التي تناولها الأطفال الرضع من الأم خلال ثلاثة شهور وجد تزايد في كمية المتبقيات عن الحد المسموح به .

ومن أساسيات علم السموم فإن التأثيرات السامة (Toxic Effects) تكون دالة لتركيز المادة السامة والتي تعرض لها الكائن الحي المعرض بعد فترة زمنية (تتوقف على قيمة التركيز المستخدم وطول فترة التعرض ومكان دخولها للجسم) وهذه التأثيرات السامة المزمنة قد يزول أثرها بخفض الجرعة أو بعد العلاج وهو ما يختلف عن التأثيرات السامة المزمنة (Chronic effects) والمؤدية لتأثيرات غير عكسية لكونها سمية خلوية سيتولوجية (Cytological Poisoning) نتيجة حدوث خلل في تركيب ووظيفة

حمض الديوكسي نيوكليك (DNA) وما يرتبط به من جزيئات حيوية وهو ما يؤثر بدوره على نمط ومعدل الانقسام الخلوي وهو ما يؤدي لتكوين أول خلية سرطانية تنقسم بدورها وباستمرار محدثه السورم السرطاني أو أحداث طفرة وراثية أو تشوه للأجنة خاصة وإذا علمنا أن جسم الإنسان يحتوي على مائة تريليون خلية وأن كل كروموسوم به مائة ألف جين وكل جين يتكون من عديد من الأحماض النووية هذا ويجانب ما يجب أخذه في الاعتبار بأن بكل وزن جزيئي حقيقي للمركب 6.2×10^{12} جزيئي وهو ما يشير لتضاعف السمية الخلوية وهو ما يفسر اتساع انتشار الإصابة بالحالات السرطانية والتشوهات المختلفة ومن هنا وجب علينا طرح السؤال التالي هل هناك تركيز آمن يسمح به وهو ما يرتبط بمقاييس السمية اللازمة لحساب التركيزات المسموح بها في مكونات النظام البيئي والت افتراض لحسابها وجود تركيز لا يحدث عنه أي تأثيرات سامه ملحوظة (No Observable Adverse Effect : NOEL) وإذا ما أخذنا في اعتبارنا في المقام الأول اختلاف وتفاوت درجة الحساسية بين أفراد الجنس واختلافها وتووعها بين الذكور والإناث والإمكان استخدام هذه النتائج وتطبيقها على الإنسان فإن قيم التركيزات التي لا تحدث أي تأثيرات سامة ملاحظة تقسم علي معامل الأمان (Safety factor) لمراعاة هذا التفاوت في درجة الحساسية والاستجابة . وإذا ما أخذنا الاعتبار أيضا القوانين التي سنت من قبل الهيئات الدولية كمنظمة التلوث البيئي (Environmental Pollution Agency : EPA) ومنظمة الأغذية والعقاقير (Food and Drug Agency : FDA) والتي تنظم مواصفات المواد الغذائية وعدم قبول المخاطرة بالسماح بوجود أية متبقيات لمادة مشتبّه في سميتها الخلوية . في جانب ذلك نادت بعض الهيئات ذات الطابع بقبول فكرة موازنة المخاطرة أمام الفائدة (Risk / benefit analysis) فإذا جاز قبول المخاطرة موازنة بترجيح الفوائد فإنه لا يجوز بأي حال من الأحوال بقبول للمخاطرة حتى ولو كانت لا تزيد عن واحد في المليون لأن التأثيرات السامة غير عكسية يتعذر شفاؤها فلا أحد يستطيع تحمل مسئولية قتل شخص / مليون شخص خاصة إذا ما أخذنا في الاعتبار تقرير منظمة

التلوث البيئي بأن الإنسان أكثر حساسية في استجابته للتأثيرات السامة عن الفئران الصغيرة البيضاء (Mice) بمقدار ستون ضعف وعن الكبيرة (Rats) بمائة ضعف ومبعملة ضعف عن الهامستر بالإضافة إلى ذلك فشل الفئران في إظهار كثير من أعراض السمية السرطانية وتشوه الأجنة كما حدث بالدواء ثاليدوميد والذي جرب لعديد من السنوات قبل استخدامه مع الأمهات الحوامل لتحسين الحمل والولادة ثم ظهر بعد ذلك تشوه لألاف الأطفال من الأمهات التي استخدمته بينما لم يظهر مطلقا على الفئران .

كذلك يؤدي تلوث المسطحات المائية والبحيرات مباشرة أو بلامستها لهواء جوي ملوث إلى زيادة مضطرده في نمو الطحالب المائية (ظاهرة Eutrophisation) لتنشيط نموها وتكاثرها ثم موت أعداد هائلة منها فترسبها وتغنتها وتكون النتيجة نقص نسبة الأكسجين الذائب والتي تحتاجها الكائنات الحية الأخرى بالسلسلة الغذائية فتختفي بعض أنواع من الأسماك إن لم يكن معظمها . فلا يوجد أي نظام بيئي لا يوجد به جزئي غير قابل للتفكك حيث تتحول بقايا الكائنات الحية وبقايا فضلاتها لمركبات معدنية تستفيد منها كائنات أخرى وهكذا تتابع دورة الحياة لكل كائن وبالتالي السلاسل الغذائية في الأنظمة البيئية ولكن بعض الملوثات الصناعية لا تخضع لعملية التفكك الطبيعي وهو ما يؤدي تدريجيا لتراكمها الحيوي (Bio accumulation) في البيئة وتتحل محل أخرى ضرورية في هذه الحلقات الحيوية بالحلقات الحيوية بالأجهزة البيئية بل أن بعضها قد يدخل ويتداخل مع أجهزة أجسام الكائنات الحية وتسبب لها وللجهاز البيئي الداخلية فيه خلاا تركييبا فمعظم مناطق العالم الجافة القاحلة اليوم كانت في السابق مساحات مغطاة بالأغطية النباتية وهو ما يشير لأهمية التدابير الواجب اتخاذها وبأسلوب علمي لوقف أي خلل بالأجهزة البيئية.

مما سبق يتضح أن مصادر الغذاء الأولية سواء أكانت نباتية (المحاصيل المختلفة والمستخدم في الغذاء الأمي أو الحيواني "علف أخضر أو مصنع") أو حيوانية فإنها تتعرض لعملية التلوث خلال مراحل تكوينها وإنتاجها الأولى . وبالنسبة لمصادر الغذاء النباتية فيتم تلوثها خلال مراحل إنتاجها المختلفة بدأ من وجودها بالحقل (حيث يحتمل

زراعتها في تربة ملوثة أو استخدام مياه ملوثة في ريها أو هبطت عليها أمطار حمضية أو نامية في بيئة هوائها المحيط ملوث) ثم نقلها من الحقل بعد حصادها أو جمعها إلى مكان تجهيزها وإعدادها وتعبئتها أو تصنيعها ثم تعبئتها . وفي نفس الوقت نجد أن تغذية حيوانات المزرعة علي بقايا هذه المحاصيل (قش القمح والشعير والأرز) والتي تحمل متبقيات سواء من الكيماويات الزراعية (أسمدة أو مبيدات) أو من عناصر ثقيلة ملوثة للتربة أو لمياه الري أو مياه الأمطار الحامضية أو أسمدة معدنية خاصة والتي تتميز بدرجة ثبات عالية حيث وجدت هذه المتبقيات في حليب المواشي والأبقار والغنم ويتجلى ضرر ذلك أكثر عندما يرضع من الحليب صغارهن . كذلك ما حدث بعد قيام الصيادين بالصيد الجائر للضفادع بهدف المزيد من الربح (بييعها لمصنع إعداد وتجهيز وتغليب الضفادع وتصديرها لدول أوروبا في بنجلادش) فادي لخلل طبيعي في التوازن البيئي للمياه فتنتج عن ذلك انتشار كثيف الحشرات والتي كانت تتغذى عليها الضفادع فاضطرتهم لاستخدام المبيدات والتي ظهرت بقاياها ويتركز عالي في محصول الأرز .

كذلك فقد انتشرت في جمهورية مصر العربية في الآونة الأخيرة الزراعات المحمية كالصوب والأنفاق والتي يتم فيها زراعة الخضراوات في غير ميعادها حيث ترتفع درجة الرطوبة والحرارة داخلها وهي عوامل بيئية مناسبة لنمو الحشرات والأمراض النباتية المختلفة مما يستدعي معه استخدام مكثف للمبيدات والمغذيات الورقية والتسميد الكيميائي بهدف زيادة الإنتاج والربح الوفير دون مراعاة لنوعية هذا الإنتاج الذي ترتفع به نسبة المتبقيات السامة و هو ما يتمشى مع قاعدة "أطعمني اليوم و أغثني غدا" . ويظهر التأثير السام لمتبقيات المبيدات خاصة بالأشخاص ذوي المسنة (حيث تحتوي الأنسجة الدهنية Addipose tissues والتي تمثل نسبتها ١٨ - ٢٠% وزنا علي نسبة عالية منها خاصة نتيجة أكل الخضراوات والفواكه الطازجة) وعند الرغبة في علاج السمنة ومحاولاتهم إنقاص الوزن بحرق الدهون بتفرد هذه المتبقيات وتظهر أعراضها (و هو ما يحدث تماما عند

معاملة حيوانات التجارب المخزن في أنسجتها الدهنية بقايا سموم) بالحقن
بإنزيم الليباز .

كذلك تهافت بعض مسؤولي الدول السماح بدفن المخلفات والنفايات
النووية في بلادهم نظير مبالغ طائلة وتناشوا أنهم يورثون أجيال قادمة
غذاء ليس ملوث كيميائيا فقط (لمدة كيميائية وعناصر ومبيدات) ولكن
أيضا بملوثات إشعاعية وما تعكسه من تأثيرات غير عكسية . هذا بجانب
إذا ما أخذنا في اعتبارنا في هذا الصدد التأثيرات العكسية والغير عكسية
المختلفة علي وظائف أعضاء الجسم خاصة الكبد (التهاب كبدي - تلف
كبدى - تتكرر في خلايا الكبد - سرطان كبدي) والكلبي (التهاب كلوي حاد
- احتباس البول....) والجهاز العصبي (ردود الفعل - العجز الذهني -
التوافق العضلي والحركي - فقد الذاكرة -الأرق) وتأثيرها علي الجهاز
التناسلي خاصة الرحم بالإثاث خاصة عندما تخزن في أنسجة الأعضاء
الجنسية والتي قد تؤدي إلى اضمحلال وضمور في الخصية وضعف نشاط
الحيوانات المنوية (لتنفس الأدينوسين تراهي فوسفات) وهو ما عضد مع
طيارات طائرات رش المبيدات الزراعية كما أن لبعضها القدرة علي
إحداث تغيرات كروموسومية كذلك سرطان الجلد والذي يظهر بوضوح
بين العاملين بمصانع صهر النحاس ومسبك القصدير والتي تحتوي علي
أدخنة الزرنيخ (مقاطعة ويلز ببريطانيا) حيث يعد سرطان الجلد مرض
متوطن بين سكان مقاطعة كوردوبا بالأرجنتين لارتفاع نسبة الزرنيخ في
المياه كذلك تأثيرات بقايا المبيدات علي سرطان الدم وأنيميا النخاع والتي
زادت حالات ظهورها كثيرا عقب استخدام المبيدات علي المستوى العالمي

ثانيا : التلوث البكتيري لمصادر الغذاء :

يؤدي تلوث المصادر الغذائية بالبكتيريا (Bacterial contamination)
لإصابة الإنسان المتغذي عليه بالعديد من الأمراض (كالكليرا والتيفود و
الدوسنتاريا) كتلوث وبائي (Infective) لتلوثه ببكتيريا ممرضة أو يكون
تلوث بكتيري سمي من خلال سموم تفرزها البكتيريا .

□ ويكثر وجود بكتيريا السالمونيلا (*Salmonella typhimurium*) بالغذاء حيث يكثر وجودها في البيض وأمعاء الطيور ولحوم الدواجن والحيوانات الفقارية كذلك منتجات الألبان واللحوم وجوز الهند ويوصلها لأمعاء الإنسان تتكاثر وتفرز سموم معدية وتظهر تأثيراتها السامة في صورة إسهال وقيء وحمى وغثيان خاصة عند الأطفال فتؤدي بجانب ذلك إلى الجفاف. ويمكن الكشف عنها بعمل مسحة بكتيرية للغذاء (Bacterial food Smear) بصيغة جرام كما يمكن عزلها بأخذ عينة من الغذاء الملوث و توضع في محلول رنجر (Ringer solution) ثم يعمل منها مزارع خطية على بيئة أجار مغذي (S-S Agar) وتحضن لمدة ٢٤ ساعة ثم تفحص المستعمرات .

□ تلوث بكتيري للمواد الغذائية ومصدرها العاملين بالمطاعم فتصل نسبة حملها بالأفراد حوالي ٤٠% وتنتشر في الأنف والحنجرة والأيدي وهي بكتيريا مكورة عنقودية (*Staphylococcus aureus*) وتسبب إسهال وآلام معدية وانخفاض في درجة الحرارة ويكون أثرها أكبر على الأطفال لحدوث جفاف بهم ويكشف عنها بعمل تحقيق للغذاء الملوث بها ثم يلقح على أجار دم (Blood agar) وتحضن لمدة ٤٨ ساعة/٣٧°م حيث تفحص قدرتها على تكسير كرات الدم الحمراء (Haemolysis) .

□ مواد غذائية ملوثة بكتيريا مثل *Clostridium botulinum* وهي أخطر الملوثات البكتيرية للمواد الغذائية المعلبة (لاهوائية) حيث تفرز سم فعال يؤثر على الجهاز العصبي وتظهر تأثيراتها السامة في صورة قيء أو إسهال وصداع واضطراب رؤية وصعوبة البلع والمضغ ثم شلل بالجهاز التنفسي والوفاة . ويكثر هذا النوع في المعلبات الغذائية ذات تركيز أيون الهيدروجين العالي كمعلبات الفاصوليا الخضراء والزيتون وللتأكد من وجودها يزرع جزء من العبوة الملوثة مع أجار الدم أو أجار بروتين اللحم في الأطباق وتحضن / ٣٧°م ثم تفحص فإن وجدت يتم عمل مسحة بكتيرية من مستعمراتها وتصيبغ

بجرام للتأكد من وجودها حينئذ يتم الكشف عن المسموم التي تفرز بعمل مستخلص مائي لعبوة ملوثة بمحلول فيسيولوجي معقم ثم يطرد مركزيا ويرشح ويختبر المترشح بحيوانات التجارب (فئران - خنازير غنيا) بالتغذية أو الحقن جدول رقم (٢٨-٧) .

□ أما بالنسبة للتأكد من تلوث الألبان فيتم من خلال العد البكتيري للمستعمرات في بيئة غذائية معقمة فإذا كان عددها كبير دل على شدة التلوث وهنا يتم عمل عدة تخفيفات (باستخدام محلول ٠,١% بيتون ويؤخذ ١ ملل من كل تخفيف وينشر في طبق يحضن / ٤٨ ساعة / ٣٧ م بعدها تعد المستعمرات وتضرب في مقلوب التخفيف أو باختزال صبغة أزرق الميثيلين (Methylene blue reductase) حيث تتوقف شدة التلوث على درجة اللون الناتج أو باستخدام اختبار (Ressazrine) اللوني وهو أسرع من السابق .

ثالثا : التلوث الفطري للمصادر الغذائية :

يؤدي تلوث المصادر الغذائية المختلفة بالفطريات وتحت ظروف مثلى إلى تمكثها من إفراز سموم تضر بالصحة العامة للإنسان والحيوان أو قد يؤدي وجودها إلى ضياع القيمة الغذائية لهذا الغذاء . ففطر الأسبرجلس (*Aspergillus*) والبنسليوم (*Penicillium*) والفيوزاريوم (*Fusarium*) من أكبر الفطريات الملوثة للمصادر الغذائية المختلفة وأكثرها إفرازا للمسموم حيث يفرز فطر :

أ- الأسبرجلس من النوع :

Aspergillus parasticus *Aspergillus flavus* *Aspergillus flavus toxin*
سموم الأفلاتوكسين (Aflatoxin) ذات التأثيرات السامة السرطانية والمشوهة والمطفرة وهي تؤدي لسرطان الكبد والمعدة والرتتين والغدة الدرقية حيث تعد المواد الغذائية الداخل في تركيبها الأرز وكذلك البندق واللوز وعين الجمل بينات جيدة لها ويجب الأخذ في الاعتبار أنه عند تناول حيوانات المزرعة خاصة الطيور (الدواجن) فإنها تفرز هذه السموم في منتجاتها (لحوم - ألبان - بيض) .

جدول رقم (٢٨-٧) : أنواع البكتريا الملوثة لمصادر الغذاء المختلفة .

البكتريا	لحوم حمراء	لحوم بيضاء	أسماك	آلبان	أرز	سلطة خضراء
<i>Salmonella Shigella</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Coliform bacteria</i> (مياه مجاري)	+	+	+	+	+	+
<i>Staphylo coccus aureus</i>	-	-	+	+	-	-
<i>Clostridium perfrings</i>	+	+	-	-	-	-
<i>Vibrio parahaemolytic</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Bacillus cereus</i>	-	-	-	-	+	-

ب- يفرز فطر الاسبرجلس من النوع *Aspergillus ochaceus* مادة سامة وهي (Ochratoxin) حيث تؤثر على الكبدات فتوقف عمل الكلية .

ج- أما المصادر الغذائية المخزنة أو القابلة للتخزين مثل النرة والبطاطس فتفرز (Trichoderma) نوع من السموم يسمى (Trichothecenes) كذلك يفرز فطر الفيوزاريوم من النوع *F. roseum* سموم الزيرالينون (Zearalenone) والذي يؤثر على الهرمونات الجنسية وسميته حادة لحيوانات المزرعة المتغذية على حبوب ملوثة به كعلف لها .

د- أما فطر البنسيليوم من النوع (*P. Citreoviridin*) فيفرز مادة سامة هي (*Citreoviridin*) والتي تسبب الشلل الرعاش وفشل في عملية التنفس لتأثيرها على الجهاز العصبي في حين فطر البنسيليوم من النوع (*P. rubrum*) فيفرز المادة السامة (Robratoxin) والتي تؤدي لسنزيف معوي واحتقان بالطحال والكبد .

ويمكن الكشف علي مستوى التلوث بالحبوب (كمصدر غذائي) بالافلاتوكسينات بأخذ ١٠٠ جم من العينة ثم يضاف إليها ٢٠٠ ملل إيثانول (٥٥%) و ١٠ سم ٣ هكسان ثم ٤ جم كلوريد صوديوم وتخلط جيدا .

بالخلط / ٣-٥ دقيقة ويؤخذ السائل الرائق بعد الطرد المركزي على سرعة ٢٠٠٠ - ٤٠٠٠ لفة / دقيقة ثم الفصل في قمع فصل ويضاف لها جم مماثل من الكلوروفورم ويذاب المتبقي في ٢ ملل كلوروفورم حيث تفصل بالتفرد اللوني النقي وتظهر بالاستخدام بالأمعة فوق بنفسجية أو تشيط العينة بعد تحديدها وتذاب بكحول ميثايل وتقاس على طول موجي ٢٠٠-٤٠٠ نانوميتر ويكون:

تركيز السموم بالعينة (ميكروجرام/سم ٣) -
 [(شدة الامتصاص × الوزن الجزيئي) / (الامتصاص الجزيئي للكلوروكسين)]
 × ١٠٠٠ عامل التصحيح

إضافات الأغذية والملوثات :

تعد عملية إضافة الكيماويات للأغذية قديمة جدا بدءا من تعلم الإنسان أول مرة حفظ اللحوم بوضع الملح عليها وخلال ذلك فطرق أخرى لحفظ الأغذية تم اختبارها واليوم فأكثر من ٢,٥٠٠ مادة تضاف للغذاء :

- لتحسين مظهرها ولملمتها وصفات تخزينها .
- لإكسابها طعم ونكهة خاصة مميزة (مثل أكاسيد الأزوت وفوق أكسيد البترول وسيكلامات الصوديوم والأخيرة مادة تراكمية ثبت أنها مسرطنة وكانت تضاف للخبز) .
- أما المواد المسكرة أو المكيفة فتضاف لأغذية الأطفال وثبت أن لها تأثيرات خطيرة وقد يدمن عليها الأطفال كما أن بعضها يترسب في عظام الأطفال .
- أو التلوين (لتكسبه لون مرغوب وقد ثبت حديثا أن بعضها مسرطن) .
- أو للحفظ (Preservatives add) فهي غير ذات قيمة غذائية ولكن استخدامها أساسا يكون كاستجابة لصناعة الأغذية لتغيير نمط استهلاك الغذاء والتي أخذت مكاتها القرن الماضي خاصة وأن المستهلك مثل هذه

المواد لا يصنعوها بأنفسهم لغذائهم . فقد تضاف عند بعض مراحل التجهيز التجاري أو التجهيز المنزلي أو عنه أي مرحلة من مراحل إنتاجه ومن هنا تصبح مختلطة تماما بالغذاء كنتيجة لعمليات الإنتاج وأصبحت إضافات الأغذية الآن أكثر تعقيدا حيث أظهر بعضها خطورة للإنسان والصحة العامة أما حمض الكبريتوز والبنزويك و الهيدروكسي بنزوات وحمض البروبونيك والسوربيك والتي تضاف لمنع نمو وتكاثر الكائنات الدقيقة (كالبكتريا والفطر) وليقاف عمل إنزيماتها فهي أخطر المواد المضافة خاصة مع اللحوم والدواجن والألبان والمعلبات ولها تأثيرات سامة وخطيرة على الصحة العامة ولبعضها تأثير مسرطن كذلك فقد أدى استخدامها لظهور سلالات بكتيرية مقاومة للمضادات الحيوية كالسالمونيلا لذا أوصت إدارة الأغذية والعقاقير شروط قوية لاستخدامها لذا فقي العادة تضاف مركبات النترات أو النتريت للغذاء لحفظه (خاصة اللحوم) كمواد مضادة لنمو الجراثيم تمنع فسادها كما أنها تكسبها لون أحمر خاص مقبول و رائحة مميزة ولهذا تم وضع الحد المسموح بتواجده من النترات في مياه الشرب فزيادتها عن ١٠٠ مللجرام / لتر ماء شرب تجعله غير صالح للاستخدام حيث لا يجب وأن يبلغ نسبة النترات ٣,٦٥ مللج و النتريت ١٣٣ مللج / كجم من وزن الجسم/ يوم عن طريق الشراب أو الغذاء . كما توجد في ملح الطعام المحتوي على شوائب نيترت الصوديوم (٠,٦ جرام / ١٠٠ جرام ملح) كذلك توجد في البيئة .

وتكمن خطورة النترات بتحولها تخميريا إلى أيون النتريت السام حيث أنه أيون غير ثابت وبالتالي نشاطه الكيميائي غير محدد وأضره واضح وقدرته على التفاعل والاتحاد مع العديد من المواد . كذلك تقوم البكتريا الموجودة في التجويف الفمي بتحويل جزء من النترات (تملوثة للغذاء أو لمياه الشرب) إلى نترت هذا بجانب ما تحتويه المواد الغذائية المحفوظة (المعلبات) والأنسجة النباتية الخضراء حيث يتحول فيها النترات بفعل الإنزيم النباتي لنترات المختزل (Nitrate reductase) مع العلم بأن هذا الإنزيم

لا يوجد بجسم الإنسان أو الحيوان . وكما سبق فإن أيون النترتيت يغير من طبيعة الدم ويعوق وظيفته الأولية الرئيسية وهي نقل الأكسجين من الرئتين لجميع خلايا أنسجة أعضاء الجسم المختلفة فتؤدي لموت الكائن فيقوم بإعاقه عمل الإنزيمات التي تختزل الحديد بهيموجلوبين الدم من حالته الثلاثية إلى الحالة الثنائية فيبقي الهيموجلوبين محتوى على ذرة حديد ثلاثية التكافؤ (ميثموجلوبين Methemoglobin) وهنا ترتفع نسبة الميثموجلوبين بالدم العادي من ٠,٨% إلى < ١٠% حيث بلوغها ٢٠% تؤدي لاضطراب في عمليتي النبض والتنفس وتحدث الوفاة عند بلوغها ٧٠% . ومن المصعوبة وضع حد يومي للتركيز المسموح به لتناوله مع الغذاء اليومي فعلى سبيل المثال فيتامين (أ) المسموح به ٥٠٠٠ وحدة دولية إلا أن تعاطي كميات كبيرة من الكاروتينات الغنية به تؤدي لاصفرار الجلد كما أن الجرعة ١٨٠٠٠ وحدة تعد سامة للأجنة وهو ما يظهر عند أكل كميات كبيرة من الكبد أثناء الحمل .

كذلك تتلوث المواد الغذائية بالمبيدات المختلفة سواء عن طريق مباشر بإجراء عمليات مكافحة المختلفة للآفات عليها وهي في طورها النباتي بالحقل أو بطريق غير مباشر وتعد المبيدات الحشرية أكثرها تلويثاً للمصادر الغذائية حتى في النباتات والكائنات البحرية (سمك - قشريات) ولمتبقيات المبيدات في المصادر الغذائية تأثيرات مزمنة على الكبد والكلية والتشوهات كما لها تأثيرات مسرطنة . كذلك تخرج متبقيات هذه السموم (مبيدات الآفات العضوية الكلورنية) من أجسام الحيوانات المدرة لللبن وإذا ما أخذنا في الاعتبار بأنه الغذاء الرئيسي للأطفال الرضع مع الأخذ في الاعتبار أنه في نفس الوقت أن الحد الآمن لها من الألبان هو صفر ولا يفوتنا هنا أن تنوه بأن عمليات البسترة (تجهيز الألبان) لم تخلص اللبن من متبقيات الدنت في دهن اللبن الحيواني (٠,٥ جزء في المليون) فسي حين كانت ٣,٢ جزء في المليون في دهن اللبن البشري . كذلك ثبت وجود العديد من متبقيات مبيد الدنت والإندرين وغيرها في بيض الدجاج المغذي على عليقة ملوثة ، أيضا فالأطعمة المجهزة مع الدهون والمحتوية على اللحوم أو البيض بها كمية لا بأس بها من المخلفات خاصة دنت ، ددا

ولهذا يجب دراسة متبقياتها بالوجبات الجاهزة (Complete prepared meals) كذلك ثبت تلوث العديد من المصادر الغذائية الطازجة الخضراء على تركيزات مرتفعة من المواد وصورة ملوثة :

١- فتوجد الأكسالات وبدرجة كبيرة (ملوثة) خاصة في السبانخ والكرنب .
٢- فتوجد الجوسيبول في بذور القطن المستخرج منها زيت الطعام .
٣- فتوجد مضادات التربسين (Antitrypsin) المؤثرة على الهضم في فول الصويا ومضادات الغدة الدرقية (Antithyroid) بالخضراوات من عائلة الخردل (اللفت) .

٤- كما يوجد الميثانيدات في بعض أنواع الفول السوداني .
٥- وتوجد الفايئات (Phytate) بالعديد من أنواع الحبوب والتي تتداخل في عملية التكلس .

٦- وجود السابونين بالبطاطس وفول الصويا البنجر والجزر والخبز والفواكه (الطماطم والبرتقال) .

٧- وجود فيتامين (أ) بالعديد من الأغذية والذي زيادته يؤدي إلى (Hyper vitaminoses) .

٨- وجود الكوبلت رغم أهميته لفيتامين ب ١٢ يؤدي لاحتمرار الدم (Polycythemia) .

٩- وجود الريبوفلافين والفوليك ببعض الأطعمة بتركيز زائد يؤدي إلى تضخم الكلي للفران .

١٠- زيادة اللاكتوز ببعض المصادر الغذائية يؤدي لفقد البصر بالفران
١١- كذلك ينتج من احتراق بعض المواد الغذائية كالزيوت عنصر

الفانديوم كما ينتج من احتراق الفحم الزئبق .

١٢- بجانب ذلك فالعديد من العناصر والتي تدخل للجهاز الهضمي مع التغذية وتمتص وتتجمع مثل الزرنيخ والباريوم واليورون والنحاس والحديد والقصدير والرصاص والسيلينيوم والزنك (في حين أن الألومنيوم والأنثيمون والزرنيخ والحديد والمغنسيوم والمنجنيز والزنك والفضة تدخل من خلال الجهاز التنفسي وتنتشر وتتوزع وتؤثر على الكبد والكلى والجهاز العصبي المركزي) .

وثبت أن بعضها يرتبط مع المكونات الغذائية عند تصنيعها أو تجهيزها وتعليبها فبعضها يتداخل ويثبط الإنزيمات الحيوية مثل إنزيم البيروأكسيداز والكتاليز (كما بالمشمش عند تجهيزه كمرى) ولهذا يجب الأخذ في الاعتبار دور عملية التجهيز والطهي (فعملية السلق بالبخار الساخن أدت لنقص إنزيم الكاتاليز بالثمار المعاملة بالمالاتيون فسي حين وجد أن السلق كان أكثر تأثيرا على عملية التثبيط .

عملية تجهيز المواد الغذائية :

أصبحت مخلفات المبيدات في المواد الغذائية من أخطر المشاكل التي ترتبط بصحة الإنسان نظرا لاعتماد الكثير من الأفراد على الطعام المجهز في الوجبات اليومية . وتتعرض معظم الخضراوات الفاكهة عند التصنيع للعديد من العمليات المختلفة خلال التجهيز والحفظ وهي عمليات ضرورية لضمان النظافة وجعل المواد الخام أكثر قبولا وخلالها تقل أو تزال مخلفات المبيدات إذا وجدت فتتمثل المبيدات الحشرية المشكلة الرئيسية للمخلفات في المواد الغذائية بالمقارنة بالأنواع الأخرى فحوالي ٨٩,٤% من المخلفات المبيدات في الغذاء خلال الفترة من ١٩٦٧ - ١٩٦٩ كانت من المبيدات الحشرية و ٦,٢% من المبيدات الفطرية و ٤,٤% مبيدات الحشائش وتمثل المركبات الكلورونية ٨٥% من مخلفات المبيدات الحشرية وتتعرض معظم المواد الغذائية عند التصنيع لعدد من العمليات يتوقف على نوع الغذاء والصورة النهائية له فالعمليات التي تؤثر بدرجة كبيرة على مخلفات المبيدات تتمثل في الغسيل والسلق والتقسير والبسترة وتتوقف كفاءة أي طريقة في إزالة مخلفات المبيدات على العديد من العوامل خاصة المادة الغذائية لأنها تحدد نوع الطريقة التي يجب اتباعها في هذا الخصوص وتأتي بعد ذلك العوامل المتعلقة بالمبيدات مثل الصفات الكيميائية والصورة المستخدمة وطريقة ومعدل الاستخدام وفي النهاية لابد وأن يؤخذ في الاعتبار التداخل بين المبيد والمادة الغذائية خاصة فيما يتعلق بطول فترة التلامس بينهما .

وقبل استخدام المبيدات الحديثة كانت مشكلة المخلفات في المواد الغذائية تتبلور في مخلفات الزئبق رغم أنه يلمس يلقى الاهتمام الكافي لاستخداماته القليلة حينذاك. ولقد سجلت أول حادثة تسمم زرنخي من جراء تناول بعض الأغذية المجهزة من مواد ملوثة ومن هنا ساد الاقتناع بأن استخدام زرنخات الرصاص في مكافحة الحشرات خاصة على الخضراوات الورقية والفاكهة تترك مخلفات ذات مستوى عال في الأجزاء التي تؤكل طازجة ومن ثم حددت الحدود المأمونة لمخلفات مبيدات الآفات في المواد الغذائية بوضع اصطلاح الحد المسموح به (Tolerance Level) بناء على نتائج الدراسات التوكسيكولوجية وهو ما يعبر عن أقصى مستوى يسمح بوجوده في الغذاء دون أن يسبب أي أضرار .

وبتطوير استخدام المبيدات الكلورونية العضوية على نطاق واسع تأكدت أهمية معرفة مخلفاتها في الغذاء مما دعا إلى ضرورة سن القوانين التشريعية بأمريكا عام ١٩٥٤ ومن أهم نصوصه ضرورة تحديد الحد الأقصى من المخلفات الذي يوجد في المادة الزراعية خاصة عند استخدام المبيد بتركيز وطريقة فعالة في مكافحة الآفة والحد المسموح به من المخلفات فمن غير المستحب وجود مخلفات على الإطلاق في المواد الغذائية ولذلك تم وضع الحد صفر (Zero tolerance) وهو ما يعنى عدم وجود مخلفات في المواد المعاملة وإذا تأكد وجودها يؤخذ في الاعتبار الثاني وهو التأكد من أن المخلفات الموجودة قليلة للغاية (أقل ١٠٠ موة أو مضاعفتها عن أقل جرعة تحدث تأثيرات ضارة على حيوانات التجارب).

وتختلف خطوات عملية التجهيز باختلاف نوع المادة وطبيعة الناتج النهائي فعمليات الفرز والغسيل والتبيض والتقسير والبسترة وفرز المواد الخام مع استمرار التخلص من الأجزاء التالفة يقلل من تواجد مخلفات المبيدات كما أن وجود الأعوجاجات والشيات يزيد من مساحة السطح ومن ثم يزيد من كمية مخلفات المبيدات السطحية علاوة على أن وجود هذه الأعوجاجات السطحية يزيد من صعوبة التخلص وإزالة المخلفات وتوجد العديد من العمليات التي تتحكم في إزالة بقايا المبيدات وتعتبر نوعية وصفات المادة تحت التجهيز من أهم العوامل المحددة للعملية

المناسبة وهناك اعتبارات أخرى تتعلق بالمبيد مثل الصفات الكيميائية والصورة المستخدمة وطريقة ومعدل الاستخدام وفي النهاية لا بد وأن تؤخذ في الاعتبار العلاقة بين المبيد والمادة المعاملة .

١- عملية الغسيل (Washing) :

يعتبر الغسيل والشطف أحد العمليات الشائعة عند تجهيز الفواكه والخضراوات فتجرت عملية الغسيل في إزالة ١٧% من مخلفات DDT ، ٧% من مخلفات الكارباميل من على نباتات الاسفاناخ المعاملة في حين لم تنجح في إزالة أية كمية من الباراثيون ولقد اقترح إمكانية إزالة جميع مخلفات دنت كالية من على الأوراق الأسفاناخ بالغسيل إذا تم جمع المحصول خلال يوم واحد من المعاملة أي قبل امتصاصها داخل الأنسجة النباتية وعليه فكلما طالت الفترة بعد المعاملة زادت صعوبة التخلص من المخلفات بالغسيل خاصة لو كان المركب عالي الثبات بينما يمكن إزالة المركبات الأقل ثباتا بصرف النظر عن الفترة بين المعاملة وإجراء الغسيل

٢- عملية التقشير أو التهذيب (Peeling or Trimming operation) :

فيفيد التقشير في التخلص من الملوثات السطحية إلا أنها لا تجرى مع جميع المواد وقد وجد أن التقشير الكيميائي أزال ٧٤% من مخلف DDT بينما وصلت النسبة لأكثر من ٩١% في التقشير اليدوي وأدي تقشير الطماطم إلى التخلص من بعض مخلفات الدنت والملاثيون والكارباميل .

٣- عملية السلق (التبييض) Blanching operation :

وهي عبارة عن تسخين في درجة حرارة متوسطة أو الطهي الجزئي وعادة ما تستخدم مع الخضراوات وتجرى في البخار أو الهواء الساخن وقد يصاحبها غسيل جزئي للمركب فالسلق في الماء يزيل ٥٠% من مخلفات الكارباميل من على الفول الأخضر بينما كانت عملية السلق بالبخار غير قيمة في إزالة مخلفات مبيدات ولقد حدث تطور مذهل في عملية السلق مثل السلق السريع والسلق بالموجات الدقيقة والسلق بالهواء الساخن ولكن لم يدرس أثر هذه الطرق على التخلص من المبيدات .

٤- عملية التسخين والتجهيز (Heat processing and preparation) :

يمكن إجراء عملية تسخين المواد الغذائية بهدف التعقيم أو البسترة أو الحفظ بأساليب متعددة لإمكانية هدم مخلفات المبيدات بالتسخين . ولعملية الطهو تأثير على إزالة مخلفات فيتحول DDT إلى TDE خلال تجهيز الاسفناخ للتعليب بينما أدت إزالة مخلفات مبيدات CIPC , IPC بثمار الطماطم والتفاح والبلح كما وجد أن عملية التعليب وتجهيز العصائر تزيل من مخلفات DDT والملاثيون والكارباريل فالتجهيز التجاري يزيل ٩٤% من مخلفات المالاثيون أما التجميد فلم يسبب أي نقص في المخلفات.

٥- الإزالة بالتسخين (Removal by heating) :

تتدهار معظم المبيدات الثابتة بالتسخين ومن الثابت أن معظم عمليات التجهيز تحتوي في إحدى مراحلها على التسخين والذي يساهم في تقليل وإزالة المخلفات . تشير البحوث إلى ثبات المبيدات الكلورونية تحت ظروف التبريد وهناك بعض الدراسات تشير لانهيار بعضها تحت ظروف التبريد - ١٥ م تبعا لتركيبها الكيميائي ونوع المواد الموجودة فيها .

أخذ وإعداد وتخزين واستخلاص وتنقية عينات مصادر غذائية :
(Agriculture products , sampling ,composing , preparing ,extraction & clean-up)

أولاً: استخلاص وتنقية عينة غذائية غير دهنية (محتوى دهني أقل من ٢%) و ٧٥% فأكثر ماء وأقل من ٥% سكريات :

١- يوزن ١٠٠ جم من العينة الغذائية المتجانسة تماماً وتوضع في كأس الخلاط ثم يضاف إليها ٢٠٠ ملل اسيتونتريل وتغطي وتخلط جيداً لمدة دقيقتين .

٢- تنقل محتويات الكأس لقمع بخنر (Buchner funnel) بقطر ١٢ سم ومثبت فوقه ورقة (Sharkskin) ويستقبل المترشح في مخبر مدرج ٢٥٠ ملل ثم يقدر الحجم (ف١) والذي ينقل إلى قمع فصل سعة لتر ثم يضاف إليه ١٠٠ ملل بتروليم إيثير ويرج بشدة لمدة دقيقتين وبعد عشرة ثواني يتم بحذر فتح غطاء القمع للسماح بخروج أبخرة المذيب ثم يضاف ١٠٠ ملل كلوريد الصوديوم مشبع و ٦٠٠ ملل ماء ثم يرج مرة أخرى لمدة ٠,٥ دقيقة وبعد ثواني وبحذر يتم فتح الغطاء لتسريب الضغط البخاري للمذيبات ويترك لمدة عشرة دقائق لانفصال الطبقة وتهمل الطبقة المائية (السفلية) ثم يضاف ١٠٠ ملل ماء لقمع الفصل لفصل المستخلص برج القمع بشدة لمدة ١/٢ دقيقة وهكذا يسمح أيضاً بسكب وإهمال الطبقة المائية .

٣- ينقل مستخلص المذيب لمخبر مدرج سعة ١٠٠ ملل وبغطاء مصنفّر محكم ويقدر حجمه (ف٢) ثم يضاف إليه ٠,١٥ جم كبريتات الصوديوم لا مائية ويرج جيداً لتخفيفه .

٤- يتم تنقية المستخلص خلال عمود الفلوروسيل كما سبق .

٥- ولحساب الكمية بالعينة والمنقاة بعمود الفلوروسيل بالحجم -

وزن العينة (الحجم) × حجم المترشح من الأسيتونتريل (ف١) /
الحجم الكلي (ف٢) (ملل ماء عينة + ملل أسيتونتريل)

- في حالة معظم الخضراوات فإن هذا الحجم (ف٢) يمكن اعتباره ٢٨٠ ملل (٨٠ - ٩٥ ماء / ٢٠٠ ملل أسيتونتريل) فعلى سبيل المثال عينة وزنها ١٠٠ جم تم خلطها بالخلط في الأسيتونتريل ٢٠٠ ملل وعليه

يكون الحجم الكلي $200 + 80 = 280$ ملل والعينة المضروبة بالخلاط
والمرشحة يقاس حجمها المسترجع (F) 190 ملل و 10 ملل أضيفت
لعملية التجزيئي وعليه فإن 80 ملل بنزوليم ايثير يمكن أن تسترجع
(أ) وعليه :

59.2 جم = $80 \times 100 / 190$ ملل $\times 190$ ملل / 280×100 جم = وزن العينة بمعدل
الفلوروسيل

ثانيا : استخلاص وتنقية عينة غذائية غير دهنية (محتوى دهني أكبر من
 2%) وأقل من 75% ماء و 5% سكريات :

١- يتم وزن $20-25$ جم من العينة الغذائية وتوضع في كأس الخلاط ثم
يضاف إليها 350 ملل (ماء وأسيونتريل : $35-65$) وتغطي وتخلط
جيدا بسرعة عالية لمدة خمس دقائق .

٢- تستكمل كما سبق مع الملاحظة ألا يزيد حجم المترشح المأخوذ (ف ١)
عن 250 ملل للتحليل وتحسب قيمة الحجم الكلي = ملل ماء بالعينة +
 350 ملل 35% ماء في الاسيتونتريل / الكمية المضافة
فعلى سبيل المثال عينة حجمها 25 جم فاصوليا خضراء وتحتوي

على 10.2% رطوبة.

.. كمية الماء بالعينة 25 جم = $10.3 \times 25 = 2.6$ ملل - 3 ملل

.. الحجم الكلي (I) = 3 ملل + $350 = 353$ ملل .

ثالثا : استخلاص وتنقية عينة غذائية غير دهنية (محتوى دهني أكبر من
 2%) و $5-15\%$ سكريات :

١- يتم وزن 100 جم من العينة وتوضع بكأس الخلاط ثم يضاف إليها
 500 ملل ماء و 200 ملل أسيونتريل وتخلط جيدا بسرعة عالية لدقيقتين

٢- تستكمل كما سبق مع ملاحظة ألا يزيد حجم المترشح (ف ١) عن
 250 ملل . وتحسب قيمة الحجم الكلي = ملل ماء بالعينة + 250 ملل

(للأغذية المتحوية على ٨٠-٩٠% رطوبة حيث = ١٠٠ جم تحتوي على ٨٠مل ماء) = ٨٠+٢٤٥-٣٣٥ ملل .

رابعا : استخلاص وتنقية عينة غذائية غير دهنية (محتوى دهني أكبر من ٢%) و ١٥-٣٠ % سكريات :

١- يتم وزن ١٠٠ جم من العينة وتوضع في كأس الخلاط ثم يضاف إليها ٢٠٠ ملل ماء اسيتونتريل وتسخن على درجة ٧٥°م ثم تقطفي وتخلط جيدا بسرعة عالية لمدة دقيقتين .

٢- تستكمل كما سبق مع ملاحظة ألا يزيد حجم المترشح (ف١) عن ٢٥٠ ملل للتحليل عندما يكون المترشح دافئ:

وتحسب قيمة الحجم الكلي (T) =
ملل ماء بالعينة + كمية الأسيتونتريل المضافة = ٨٠+٥٠+٢٠٠ = ٣٣٠ ملل

خامسا :استخلاص وتنقية مجموعة مركبات حمض الكلوروفينوكسي من الخضراوات :

١- يوزن ١٠٠ جم من الخضار المفروم (Choped) وتوضع في خلاط من النوع (Ommimixer explosion Proofmixer) ثم يضاف إليها محلول مائي ١٠ % من حمض الكبريتيك + ٢٥ ملل إيثانول و ٥٠ ملل بستروليم و ١٥٠ ملل داي إيثيل إيثر وتخلط لمدة ٣ دقائق والكأس في حمام مائي ثلجي (Ice water bath) .

٢- تنتقل محتويات كأس الخلاط لأنبوبة جهاز الطرد المركزي سعة ٥٠٠ ملل ويتم طردها بسرعة ١٥٠٠ لفة/ د / ١٠د وتنتقل محتويات أنبوبة الطرد المركزي إلى مخبر مدرج من خلال قمع به وسادة من الصوف الزجاجي وكبريتات الصوديوم لامائية ويسجل حجمه ف١ .

- ٣- ينقل المستخلص لأنبوبة الطرد المركزي مرة أخرى ويضاف عليها ٢٥ ملل من محلول ٤% كربونات الصوديوم وتهز لمدة دقيقة ويطرد مركزيا باستخدام وحدة (Blow off) .
- ٤- يضاف ٢٥ ملل داي إيثيل لأنبوبة الطرد وترج بشدة ثم تطرد مركزيا بسرعة ١٥٠٠ لفة / د / ١٠ دقائق وتكرر هذه الخطوة مرة أخرى ويتم جمع المستخلص ويلاحظ أن هذا الغسيل يزيل معظم الصبغات والشموع من طبقة ٤% كربونات مائية.
- ٥- تنقل طبقة كربونات الصوديوم المحتوية على أحماض الكلوروفينوكسي لقمع فصل سعة ٥٠٠ ملل ويضاف ٢٥ ملل كلوروفورم ويكمل كما سبق .

سادسا : استخلاص وتنقية مركبات حمض الكلوروفينوكسي من الحبوب :

- ١- يوزن ١٠٠ جم من الحبوب المجهزة بطحنها ثم توضع في كأس خلاط ويضاف إليها ٢٠ ملل من محلول ١٠% حمض الكبريتيك كحولي و ١٠٠ ملل بتروليم إيثير ثم تضاف ١٠٠ ملل داي إيثيل إيثير وتخلط لمدة ٣ دقائق في خلاط من النوع (Omnimixer explosion Proofmixer) حيث تغمر كأس في الثلج .
- ٢- تنقل محتويات كأس الخلاط لأنبوبة طرد مركزي سعة ٥٠٠ ملل وتظهر بسرعة ١٥٠٠ لفة / د / ١٠ دقائق ثم تنقل طبقة الأثير العلوية خلال صوف زجاجي لقمع فصل سعة ٢٠٠ ملل ويضاف بتروليم إيثير و ٥٠ ملل داي إيثيل إيثير لأنبوبة الطرد وترج لمدة ١٥ ثانية ثم تزاح غطاء الأنبوبة لتسريب الضغط البخاري ثم تقفل وترج مرة أخرى ١٥ ثا .
- ٣- تنقل طبقة الأثير العلوية خلال الصوف الزجاجي لقمع فصل ثم يغسل الصوف الزجاجي بعشرة ملل داي إيثيل إيثير ثم ٣٠ ملل بتروليم إيثير في قمع الفصل السابق إضافة طبقة الأثير العلوية له .

٤- يضاف ١٠٠ ملل ٤% كربونات الصوديوم ثم ٣٥ ملل إيثانول لمستخلص الأثير في القمع ويرج لدقيقة ثم بعد عشر ثواني يفتح الغطاء لترسب أبخرة المنيبات وتترك لاتفصل الطبقة وإذا انفصلت كان بها دايسن تفصل يضاف ٥٠ ملل مرة أخرى وترج بشدة.

٥- تضاف الطبقة المائية السفلي خلال قمع فصل سعة ٢٥٠ ملل فإذا كانت أسرات حمض الكلوروفينوكسي موجودة تحت طبقة الأثير بإمرارها خلال كبريتات الصوديوم لا مائية في عمود وتحمى طبقة الأثير للتحليل .

٦- يضاف ٥٠ ملل بتروليم إيثر للطبقة المائية الموضوعة في قمع الفصل ٢٥٠ ملل ثم تقطى وترج بشدة جيدا لمدة ١٥ ثانية ثم تترك لاتفصل الطبقات ثم يسكب الطبقة المائية السفلي لقمع فصل سعة ٥٠٠ ملل ، أما إذا أضيف مستخلص البتروليم إيثر للأثير السابق إذا أريد تحليل الأسر ثم يضاف لقمع الفصل ٢٥٠ ملل كلوروفورم .

سابعا : استخلاص وتنقية عينة دهنية غذائية (Fatty Foods) :

- ١- يوزن عينة (٢٥-٥٠ جم) بحيث تغطي في حدود ٥ جم دهن وتوضع في كأس الخلاط ثم يضاف إليه ١٠٠ جم كبريتات صوديوم لا مائية لتتحد مع ماء العينة على حلها (Disintegrate) وتخلط على سرعات عالية ثم تقلب بالاسياتيولا (Spatula) ليصبح أعلاها أسفلها ثم تخلط مرة أخرى ثم يضاف ١٥٠ ملل بتروليم إيثر وتخلط بالخلاط مدة دقيقة بسرعة عالية .
- ٢- تؤخذ طبقة البتروليم خلال قمع بخنر والمثبت فوقه ورقة شاركسكين ومثبت في دورق ٥٠٠ ملل مزودة بأنبوبة سحب .
- ٣- يكشط محتوى الكأس ويجمع معا ثم يضاف إليه ١٠٠ ملل بتروليم إيثر وتخلط لدقيقة بسرعة عالية ثم يجمع محتوى الكأس الخلاط ويقلب ويخلط مرة أخرى لمدة دقيقة ثم تؤخذ طبقة البتروليم إيثر خلال قمع بخنر السابق ويجمع معا ، ثم تجمع محتويات كأس الخلاط مرة ثالثة و يضاف إليها ١٠٠ ملل بتروليم إيثر ثالثة وتخلط بسرعة لمدة دقيقة ثم تؤخذ طبقة

المستخلص وترشح خلال قمع بختر كما يتم غسل كأس الخلاط بثلاث دفعات كل منها ٢٠ ملل بتروليم إيثر وترشح أيضا خلال قمع بختر .
 ٤- يمرر المستخلص المترشح من قمع بختر على عمود كروماتوجرافي (بطول ١٥٠ ملم وقطر داخلي ٢٤ ملم) وبقاعته وسادة صوف زجاجي ويملا لارتفاع ٥ سم كبريتات الصوديوم لامتية ويثبت أسفله وحدة كودرنا دانيش مزودة بأنبوبة تركيز متدرجة (١٠ ملل) يوضع بها كمبر زجاج لمنع الفوران ويشغل الدورق المثبت مع قمع بختر مرتين بواسطة ٢٠ ملل بتروليم إيثر .

٥- يثبت على عمود سيندر ذو الثلاث كرات وحدة الكودرنا دانيش وتوضع في حمام مائي يغلي ويتم التركيز حتى ١٠ ملل ثم تزال الوحدة من الحمام وتترك لتبرد . ثم تنقل كميا لكأس سيق وزنه باستخدام البتروليم إيثر ثم ييخر المذيب من الكأس بتيار من الهواء أو النيتروجين ويوزن الكأس ثانية ٦- يؤخذ وزنه ٣ جم من الدهن من الكأس للتجزئي بالأسيتونتريل في قمع فصل سعة ١٢٥ ملل ثم يضاف (ويكون وزن المتبقيات بالعينة المسأخوذة ٣ جم) = وزن الدهن المأخوذة للتحليل (٣ جم) / وزن الدهن المستخلص (الوزن الكلي) × وزن العينة الأصلية (٥٠ جم)

١٢ ملل بتروليم إيثر (وهنا يكون الحجم الكلي ١٥ ملل) ثم يضاف ٣٠ ملل أسيتو مشبع بالبتروليم إيثر وترج بشدة ثم يسمح بالانفصال والتأكد من تشبع الأسيتونتريل بالبتروليم إيثر أي الطبقة العليا يجب وأن ترى بوضوح فيؤخذ ١٠٠ ملل بتروليم إيثر + ٢٠٠ ملل أسيتونتريل في قمع فصل وترج بشدة / ٣٠ ثانية ثم يسمح بخروج الأبخرة وتترك لتنفصل وتكون الطبقة العليا هي الأسيتونتريل المشبع بالبتروليم إيثر وفي حالة عدم التشبع بالأسيتونتريل نجد أن البتروليم إيثر والمحتوي على العينة سوف (Accluded) أو تمتص بالأسيتونتريل علوة على أن كثير من الدهن سوف يحمل خلال التجزيئي لعمود الفلوروسيل والذي لا يمكن حجزها فتمر منه .

٧- تسرب طبقة الأسيتونتريل السفلية لقمع فصل أخر سعة لتر يحتوي على ٢٥٠ ملل ثم يضاف ٤٠ ملل محلول مشبع كلوريد الصوديوم ثم يضاف ١٠ ملل بتروليم إيثر ويتم استخلاص محلول البتروليم إيثر بقمع الفصل

١٢٥ ملل بثلاث دفعات كل منها ٣٠ ملل اسيتونتريل مشبع بالبتروليم إيثر وترج بشدة / دقيقة وتجمع الثلاث دفعات بقمع فصل سعة لتر وترج لدقيقة ثم يفتح الغطاء ويترك لاتفصال الطبقتين وتمرر الطبقة المائية (السفلي) خلال قمع فصل ثاني سعة لتر ثم يضاف إليها ١٠٠ ملل إيثر وترج بشدة لدقيقة لاتفصال الطبقتين وتهمل المائية بينما تجمع طبقات البتروليم إيثر من قمع الفصل السابق في قمع واحد يضاف إليها ٣٠٠ ملل ماء لغسيل المستخلص المتجمع بالرج الآن لمدة ١/٢ دقيقة ثم يسمح للطبقات بالانفصال وتهمل المائية (تكرر) .

٨- تمرر طبقات البتروليم إيثر التي تم غسلها خلال عمود كروماتوجرافي (١٥٠ ملل × ٢٤ ملل) معبأ بكبريتات الصوديوم لامائية لارتفاع ١٠ سم تثبت أسفله وحدة الكودرنا دانيش مزودة بأنبوب تركيز مدرجة سعة ١٠ ملل وموضوع بها ٣ مم كمر زجاج لمنع الفوران ثم يغسل ثلاث مرات بحجم قدرة ١٠ ملل بتروليم إيثر تمرر بدورها خلال عمود التجفيف وتتقل لوحدة الكودرنا ثم يثبت عمود سيندر ذو الثلاث كرات بالوحدة وتوضع في حمام مائي يغلي لتركيزها حتى جم ٥ ملل (بعد أن يبرد) ويفصل العمود ثم يتم غسل الدورق ثلاث مرات بحوالي ٣ ملل بتروليم إيثر .

٩- ينقى المستخلص السابق خلال عمود الفلوروسيل .

ثامنا : استخلاص وتنقية مركبات هيدروكربونية عضوية من عينة زبدده (٨٠% دهن Butter):

- ١- يتم تنفئة الزبد حتى درجة ٥٠م في كأس في حمام مائي حتى تصبح سائلة القوام ثم ترشح خلال ورقة الترشيح لكأس آخر ، ثم تؤخذ منها وزنة ٣ جم .
- ٢- يستكمل كما سبق في :

تاسعا : استخلاص وتنقية مركبات هيدروكربونية عضوية من عينة جبن :

١- يوزن ٢٥-١٠٠ جم من الجبن (ليسنى الحصول على ٣جم دهن منها) ثم توضع ٢جم أنسالات صوديوم أو بوتاسيوم ثم ١٠٠ ملل ميثيل أو إيثيل كحول وتوضع بكأس الخلاط وتقطى وتخلط على سرعة عالية لمدة ٢-٣ دقيقة .

٢- ينقل ما سبق لأنبوبة طرد مركزي سعة ٥٠٠ ملل ويضاف إليها ١٠ ملل داي إيثيل إيثر وترج بشدة لمدة دقيقة ويضاف إليها ٥٠ ملل البتروليم إيثر وترج بشدة لمدة دقيقة ثم تطرد مركزيا بسرعة ٥٠٠ الف/د/ دقائق .

٣- تستخدم وحدة (Blow Off) لأخذ الطبقة العلوية لقمع فصل سعة لتر يحتوي على ٦٠٠ ملل ماء ثم يضاف إليه ٣٠ محلول كلوريد الصوديوم المشبع ثم يضاف مرة أخرى ٢٥ ملل داي إيثيل إيثر و ٢٥ بتروليم إيثر وترج وتترك لانتقال الطبقتين ثم تؤخذ الطبقة العلوية بوحدة (Blow Off) وتكرر هذه الخطوة مرة ثالثة .

٤- يرجع قمع فصل (الذي سبق تجميع طبقات المذيب العلوية به) ثم يفتح ويترك لانتقال الطبقات حيث تعرف وتسهل الطبقة المائية السفلى ثم تغسل طبقة المذيب باستخدام ١٠٠ ملل ماء مع الرج بهدوء ويسمح لانتقال الطبقات . ويلاحظ أنه في حالة تكون مستحلب يضاف ٥ ملل من محلول كلوريد الصوديوم مشبع وترج وتسهل الطبقة المائية السفلى ثم يعاد خطوة الاستخلاص (Re extract) بإضافة ٢٥ ملل بتروليم إيثر و ٢٥ ملل داي إيثيل إيثر .

٥- يمرر المذيب خلال عمود كروماتوجرافي (١٥٠ملم x ٢٤ملم) به طبقة كبريتات الصوديوم اللامائية بارتفاع ٥ سم للتخفيف ويستقبل المرشح بكأس نظيف سبق وزنه ثم تتم بتخير المذيب من الكأس بتولار هواء أو نيتروجين (وقد يستعان بوضع الكأس في حمام مائي على درجة ٣٥ م) يوزن الكأس مرة أخرى .

٦- يؤخذ ٣ جم من الدهن الموجود بالكأس في قمع سعة ١٢٥ ملل ثم يضاف إليه ١٢ ملل بتروليم إيثر (وهنا يكون الحجم الكلي ١٠ ملل) وتستكمل كما في ثامنا .

عاشرا : استخلاص وتنقية مركبات هيدروكربونية عضوية من عينة لين :

١- يؤخذ ١٠٠ ملل لين (ليتمنى الحصول على ٣ جم دهن منها) ثم توضع اجم أكسالات صوديوم أو بوتاسيوم ثم ١٠٠ ملل ميثانول أو إيثانول وتوضع بأنبوبة طرد مركزي سعة ٥٠٠ ملل ويضاف إليها ٥٠ ملل داي إيثيل إيثر وتترك لمدة دقيقة ويضاف إليها ٥٠ ملل بتروليم إيثر وترج بشدة لمدة دقيقة ثم تطرد مركزيا بسرعة ١٥٠٠لفة/د/ ٥ دقائق .

٢- تستخدم وحدة (Blow Off) لسحب الطبقة العلوية للمذيب لقمع فصل سعة لتر يحتوي على ٦٠٠ ملل ماء ثم يضاف إليه ٣٠ محلول كلوريد الصوديوم المشبع ويلاحظ إعادة استخلاص الطبقة المائية مرتين أو أكثر ثم تجمع طبقتا المذيب المستخلصة لقمع فصل سعة لتر وترج بحرص ويسمح لتصريف الضغط البخاري للمذيبات ثم تترك لانتفصال الطبقة تغسل طبقة المذيب بإضافة ١٠٠ ملل ماء لقمع الفصل مع الرج بلطف ثم سمح لانتفصال الطبقات وتهمل الطبقة المائية وتكرر خطوة الغسيل ثانية.

٣- تمرر طبقة المذيب التي تم غسلها خلال عمود كروماتوجرافي (١٥٠ ملل × ٢٤ ملل) ومملوءة كبريتات الصوديوم لامائية بارتفاع ١٠ سم و يفصل المرشح بكأس ½ لتر سبق وزنه ثم يبخر المذيب بالكأس باستخدام تيار هواء أو نيتروجين وقد يستعان به في الكأس في حمام مائي على ٣٥°م .

٤- يؤخذ ٣ جم من الدهن الموجودة بالكأس التجزيئي بالاستيونتريل في قمع فصل ١٢٥ ملل ثم يضاف ١٢ ملل بتروليم إيثر (فيكون الحجم الكلي ١٥ ملل) - يستكمل كما سبق في ثامنا .

حادي عشر : استخلاص وتنقية عينة من الزيت :

- ١- يؤخذ عينة نهايته قدرها ٣ جم من الزيت من العينة المركبة وتوضع في قمع فصل للتجزئي بالأسيتونتريل ثم يضاف إليها ١٢ ملل بتروليم إيثر (فيكون الحجم الكلي ١٠ ملل) ثم يضاف ٣٠ ملل أسيتونتريل مشبع بالبتروليم إيثر وترج بشدة ثم يسمح لتسريب الضغط البخاري وتترك عشرة دقائق للسماح بفصل الطبقات (للتأكد من تسرب الأسيتونتريل بالبتروليم إيثر تتبع الخطوة رقم ٦ في الطريقة ثامنا) .
- ٢- تسرب الطبقة السفلي (الأسيتونتريل) لقمع فصل ١٥٠٠ ملل يحتوى على ٦٥ ملل ماء ثم يضاف ٤٠ محلول مشبع لكوريد الصوديوم ثم يضاف ١٠ ملل بتروليم إيثر ويستخلص بالتجزئي بثلاث دفعات كل منها ٣٠ ملل أسيتونتريل مشبع بالبتروليم إيثر وترج بشدة لمدة دقيقة ثم تجمع الثلاث دفعات في قمع الفصل السابق وترج لمدة دقيقة ويسمح بتسريب الضغط البخاري للمذيبات ثم السماح بانفصال الطبقات وتعرف الطبقة المائية (السفلية) خلال قمع فصل ثالث سعة ١٢٥ ملل ويضاف إليها ١٠٠ ملل بتروليم إيثر وترج بشدة لمدة دقيقة ويسمح بحذر بتصريف الضغط البخاري للمذيبات ثم انفصال وتسرب وتهمل الطبقة المائية السفلية ثم يتم تجميع طبقات البتروليم إيثر الثلاث في قمع فصل واحد ثم يضاف إليه ١٠٠ ملل فقط للغسيل المستخلص المتجمع بالرج الهادي لمدة ١/٢ دقيقة ثم تسمح للطبقات بالانفصال وتهمل الطبقة المائية (قد تكرر هذه الخطوة الأخيرة مرتين) .
- ٣- تمرر طبقات البتروليم إيثر السابقة في عمود كروماتوجرافي (١٥٠ ملل × ٢٤ ملل) معاً بكبريتات الصوديوم لامائية للتخفيف بارتفاع ١٠ سم (٥ بوصة) مثبت أسفله أنبوبة تركيز مدرجة سعة ١٠ ملل بها ٣ مم كسر زجاج لمنع الفوران ومثبت بها ورق ٢٥٠ ملل الخاصة بوحدة الكودرنا داتيش وبعد الانتهاء من استقبال المترشح يثبت بها عمود سيندر ذو الثلاث كرات وتوضع الوحدة في حمام مائي يغلي للتركيز حتى ٥ ملل و لا تركز أكثر من ذلك حتى لا يفقد

جزيئات السموم بها كما يراعى عدم التسخين الزائد (Super Heat) برج الوحدة من أن لأخر كما سبق ، بعد ذلك يفصل العمود ويتم غسل الفلاسكة ثلاث مرات بحجم قدره ٣ ملل بتروليم إيثير .

٤- تمرر المستخلص المركز في عمود فلوروسيل (كما سبق) ويستخدم مخلوط الإزاحة ٦% ، ١٥% يبخز المخلوط الإزاحة ٦% على عمود فلوروسيل كذلك يبخز مخلوط ١٠% للمعاملة القلوية . يستقبل مخلوط الإزاحة ٦% الناتج من عمود الفلوروسيل وينقل فسي كأس لمجرد الجفاف باستخدام تيار هوائي أو نتروجين . ثم تذاب بعد ذلك المتبقيات بالكأس بواسطة ١٠ ملل كلوروفورم وتمرر خلال عمود سليت .

٥- مجهز عمود السليت من خلال طحن ١٠ جم سليت ٥٤٥ (Celite 545) في ٣ ملل حمض كبريتيك مدخن في هون (Mortar) ثم تنقل للعمود كروماتوجرافي وتعبأ جيدا باستخدام عمود زجاجي مقلطح الطرف ليتم كبس العمود جيدا ثم يبلل العمود برابع كلوريد الكربون ثم تنقل العينة ويفصل الكأس بثلاث دفعات من رابع كلوريد الكربون كل منها ١٠ ملل وتضاف للعمود وفي نهاية الترشيح يتم غسل العمود وجوانب جدرانه بواسطة ١٠ ملل رابع كلوريد الكربون وباتتهاء استقبال الراشح يتم تبخير المذيب حتى الجفاف بتيار من النتروجين ويساعد مع ذلك وضع الكأس في حمام ماء يغلي . تذاب المتبقيات بالبتروليم ايثير للحجم المناسب للتقدير .

٦- تمرر مستخلص عمود الفلوروسيل ١٥% ويبخز للجفاف ويحذر على حمام مائي يغلي حتى لا يحدث فقد من المتبقيات ثم يضاف ٢٠% هيدروكسيد صوديوم أو بوتاسيوم كحولي ثم يركب المكثف العاكس وتوضع في حمام ماء يغلي لمدة ٣٠ دقيقة وليس من الضروري استخدام تيار هوائي للمكثف ثم تزال الدورق من الماء الساخن بعد ٣٠ دقيقة ثم يبرد وتزال المكثف من الدورق ثم ينقل المحتوى إلى قمع فصل سعة ١٢٥ ملل وتفصل جوانب الدورق ٣ مرات كل منها بواسطة ١٠ ملل بتروليم إيثير وتضاف إلى قمع الفصل ثم يضاف ٢٠

ملل ماء مقطر وترج بشدة لدقيقة ثم يسمح بانفصال الطبقات وتهمل الكبة المائية السفلي لقمع فصل آخر (ثاني) يحتوي على ٢٠ ملل بتروليم إيثير وترج بشدة لمدة دقيقتين ثم يسمح لانفصال الطبقات وتعرف وتهمل الطبقة المائية .

يتم تجميع طبقات البتروليم إيثير في قمع الفصل الأول ويتم غسلها بواسطة ٢٠ ملل محلول كحولي مائي (١:١) ثم يسمح لانفصال الطبقات حيث تعرف وتهمل الطبقة المائية السفلي (تكرر مرتين) وإذا تكون مستحلب يمكن كسره من خلال تبديل الماء بمحلول كحولي مائي وتعرف الطبقة المائية .

ويتم تجفيف المستخلص بامراة على عمود كيريتات الصوديوم لا مائية ويجمع المترشح بوحدة الكيودرنا دانيش ويتم التركيز حتى ٥ ملل ٧- ينقي المستخلص المركز (٥ ملل) باستخدام عمود (HgO- Cellite Column) والمعد كالتالي : يؤخذ ١٠ جم من كلاً من أكسيد الماغنسيوم والمسلت بعد خلطهما جيداً أو بنسب متساوية وتوضع في عمود زجاجي كروماتوجرافي أعلى الضوء السفلي له توضع سدادة من الصوف الزجاجي (Glass Wool Plug) ويتم تعبئة العمود بشدة (Fairly Tightly) بالتربيط المستمر على الجدران أثناء التعبئة أو بمساعدة الضغط ، ثم يتم تبليل العمود بواسطة ٤٠ ملل بتروليم إيثير أسفلها وحدة الكودرنا دانيش بأنبوبة تركيز ١٠ ملل لتر رفع وينقل المستخلص للعمود ثم تغسل الأنبوبة بكميات قليلة من البتروليم إيثير ثم تضاف دورها للعمود . ويتم استخدام ١٠٠ ملل بتروليم إيثير لتر على المستخلص ثم يتم تثبيت عمود سيندر ذو الثلاث كرات ويتم تركيز العينة في حمام مائي يغلي ويتم للتركيز حتى (٥ ملل على البارد) .

٨- يتم تنقية المستخلص باستخدام التفريد اللوني الدقيق (Channel thin layer chromatography) حيث يتم عجن ٥٠ جم من أكسيد الألومنيوم (Al_2O_3) في دورق (Erlenmayer) سعة ٢٥٠ ملل بواسطة ٥٠ ملل ماء

وترج بهدوء حتى لا يؤدي الرج الشديد لتكوين فقائيع هواء تخرج أثناء الفرد تاركة ثقب في طبقة الألوينا المفردة ويتم فرد العجينة على قنوات الشريحة الزجاجية ثم بواسطة أسباتيو لا يتم فرد العجينة جيدا لملأ هذه القنوات وبمجرد جفافها تنشط في فرن على درجة ١٣٠ م / ساعة ثم تبرد ويتم تقطيع المستخلص المركز على القنوات بشكل خط يبعد ٢,٥ سم من حافتها السفلية ثم توضع بكابينة الفصل للتشبع بالبخر لمدة ٣٠ دقيقة حيث يرتفع الأسيتونتريل عليها لارتفاع ١,٥ سم ثم يغطي الكابينة وتطول لارتفاع ١٠ سم من خط البداية وترال بعدها الشريحة من الكابينة ويعلم على خط النهاية وتجفيف ثم توضع مرة أخرى في كابينة بها اسيتونتريل جديد وتطور مرة أخرى لارتفاع ١٥ سم ويعلم على خط النهاية ويجفف . ثم تكشف مادة الانمصاص بين الارتفاع ١٠ سم و ١٥ سم في كأس سعة ٢٥٠ ملل ويضاف إليها ٥٠ ملل داي إيثيل إيثر وتفتت طبقة الانمصاص جيدا بقضيب زجاجي ثم يصرف الداي إيثيل إيثر من خلال قمع صغير به صوف زجاجي إلى أنبوبة تركيز متدرجة (١٠ ملل) بها كسر زجاج لمنع الفوران ويغسل الكأس جيدا ثلاث مرًا بحجم ٥٠ ملل بتروليم إيثر (لغسل طبقة الانمصاص) ثم يثبت عمود سيندر ذو الكرات الثلاثة بوحدة الكودرنا داتيش وتوضع في حمام مائي يغلي للتبخير حتى (٥ ملل) أو الحجم المطلوب للتحليل.

جدول رقم (٢٨-٣) : طرق استخلاص عينات نباتية ومصنعة تبعا للنسبة المئوية لمحتوى الدهن والماء والسكريات في العينات النباتية والبيولوجية.

رقم الطريقة	% السكر	% الماء	% الدهن	المنتج بالعينة
٦	-	١٥,٥	٨١	١- قزينة : butter
١	-	٩٠,٥	٠,١	٢- لبن خضن فرز
٧	-	٤٠	٢٠,٥	٣- اللبن : لوزق blue
٧	-	٤١	٢٠,٥	brick
٧	-	٣٧	٢٢,٢	شيدر cheddar
٧	-	٤٠	٢٠,٠	شيدر مبستر
٧	-	٧٨,٢	٤,٢	cottage cr.
٧	-	٧٨,٢	٠,٢	Cottage unweamed
٧	-	٥١	٢٧,٠	كريمة cream
٧	-	٣٠	٢٦,٠	parmeson
٧	-	٤٣,٢	٢٤,٠	مطبوخة مبسترة
٧	-	٢٩	٢٨,٠	سويسرى
٧	-	٤٠	٢٦,٩	سويسرى مطبوخ
٨	-	٧٩,٧	١١,٧	٤- للكريم نصف نصف
٨	-	٧١,٥	٢٠,٦	خفيف
٨	-	٦٠	٣٤	whipping
٨	-	٦٦,٧	٥,١	لبن مئج
١	-	٦٧	١,٢	sherbd
٨	-	٨٧,٢	٢,٧	٥- اللبن بقرى خام مبستر
٨	-	٨١,٥	٢,٤	خام بالشيكولاته
٨	-	٨٢,٨	٢,٢	فرز بالشيكولاته
٨	-	٢٧,١	٨,٧	مكثف
٨	-	٢,٠	٢٧,٥	خام مكثف
٢	-	٢,٠	٠,٨	عادى مجفف
٨	-		٠,٥	خام

تابع جدول رقم (٢٨-٣) :

المنتج بالعينة	% الدهن	% الماء	% السكر	رقم الطريقة
لين فرز Skim	٠,١	٩٠,٥	-	١
goat	٤,٠	٨٧,٥	-	٨
٦- التوت berries أسود	٠,٩	٨٤,٥	٦,١	٣
أسود مطب بالسكر	٠,٧	٧٩,٢	١٥,٦	٤
لوزق	٠,٥	٨٣,٢	٩,٧	٣
hmlle	٠,٦	٨١,٩	٩,٧	٣
cran	٠,٧	٨٧,٩	٤,٢	١
بالصلصلة محلى	٠,٢	٦٢,١	٤٢,٠	٤
currants احمر لبيض	٠,٢	٨٥,٧	٥,٧	٣
goose	٠,٢	٨٨,٩	٤,٢	١
لوجان	٠,٦	٨٣	٦,٠	٣
أسود Ras	١,٤	٨٠,٨	٧,٩	٣
أحمر Ras	٠,٥	٨٤,٢	٧,٢	٣
القرنولة	٠,٥	٨٩,٩	٥,٣	٣
٧- الموالح جريب فروت	٠,١	٨٨,٤	٦,٥	٣
ليمون	٠,٣	٨٧,٤	٢,٢	١
limes	٠,٢	٨٩,٣	٠,٥	١
برنقال	٠,٣	٨٢,٣	٨,٨	٣
تتجرين	٠,٢	٨٧,٠	٨,٧	٣
٨- البطيخ ككتالوب	٠,١	٩١,٢	٤,٢	١
كلسيا	٢	٩١,٥	٧,٠	٣
هني ندى	٠,٣	٩٠,٦	٧,٠	٣
musk	٠,٢	٩٢,٧	٥,٤	٣
مكى	٠,٢	٩٢,٦	٦,٠	٣
٩- الخمور تفاح pared	٠,٧	٨٤	١١,١	٣
تفاح صيفى	٠,٤	٨٦,٥	٩,٤	٣
تفاح شوى	٠,٣	٨٣,٦	١١,٢	٣
تفاح ديهدريت	٠,٢	٢,٥	-	٢

تابع جدول رقم (٢٨-٣) :

المنتج بالعينة	% الدهن	% الماء	% السكر	رقم الطريقة
تفاح مجفف	١,٦	٢٤	-	٢
١٠- مشمش مشمش خام	٠,٥	٨٥,٤	١٠,٤	٣
مشمش مجفف	١٦,٤	٧٤,٠	٠,٦	١
١١- موز موز	٠,٢	٧٥,٧	١٩,٢	٤
١٢- كرز كرز حامضى	٠,٢	٨٣,٧	٩,٥	٣
كرز كمبوت	٠,٢	٨٠,٤	١١,٦	٣
١٣- بلح طيبى مجفف	٠,٥	٢٢,٥	٦١,٢	٤
١٤- تين تين خام	٠,٢	٧٧,٥	١٦,٢	٤
تين مجفف	١,٢	٢٣,٠	٥٥	٤
تين مغلب كمبوت	٠,٢	٦٨,٥	٢٨	٥
١٥- عنب عنب Slip skin	١,٠	٨١,٦	١١,٥	٣
عنب adherent skin	٠,٢	٨١,٤	١٤,٩	٣
١٦- جوافه جوافه	٠,٦	٨٣,٠	-	٣
١٧- مانجو مانجو	٠,٤	٨١,٧	-	١
١٨- مانجو نيكترين	٣٥,٨	٤٣,٨	-	٢
زيتون أسود ولفضر	١٢,٧	٧٨,٢	-	١
زيتون مظل أخضر	٣٥,٨	٧٨,٨	-	١
زيتون مظل أسود	٢٠-٩	٨٤-٧٣	-	١
بلانز	٠,١	٨٨,٧	-	١
خوخ خلم	٠,١	٨٩,١	٨,٨	٣
كمثرى خام	٠,٤	٨٣,٢	٨,٩	٣
persimmons	٠,٤	٧٨,٢	١٥,٩	٣
اناقس	٠,٢	٨٥,٣	١١,٠	٣
اناقس مغلب كمبوت	٠,١	٧٨,٠	١٨,٦	٤
برقوق plum	٠,٢	٨٦-٧١	٨٣	٣
برقوق prune	٠,٢	٧٨,٦	-	٣

تابع جدول رقم (٢٨-٣) :

المنتج بالعينة	% الدهن	% الماء	% السكر	رقم الطريقة
برقوق demsons	٠,٢	٧٨,٨	٨,٧	٣
pomegranate	٠,٢	٨١,٠	١٣,٣	٣
prunes مجفف	٠,٦	٢٨,٠	-	٢
raisin مجفف	٠,٢	١٨,٠	-	٢
كامل خام	١١,٥	٧٣,٦	-	١
بياض خام	-	٨٧,٦	-	١
صفار خام	٣٠,٦	٥١,٣	-	٧
كامل مجفف	٤١,٢	٤,١	-	٧
بياض مجفف	٠,٢	١٤,٦-٨,٨	-	٢
اسماك وصنفيات خام	٠,٥	٧٥,٨	-	١
أسود خام	١,٢	٧٩,٣	-	١
كبير وصغير خام	٢,٦	٧٧,٣	-	٥
مخطط خام	٢,٧	٧٧,٧	-	٥
أبيض خام	٢,٣	٧٨,٨	-	٥
سمك أزرق خام	٣,٣	٧٥,٤	-	٥
سمك جاموسي خام	٤,٢	٧٧,٤	-	٥
سمك لوزق الرأس وأسود	١,٦	٨١,٣	-	١
سمك الزبدة الجنوبي	١٠,٢	٧١,٤	-	٥
خام	٢,٢٠	٧٨,٢	-	
سمك القط	٣,١	٧٨,٠	-	٥
climb خام	٨,٨	٧٤,٩	-	٥
سمك صنفى طرى خام	١,٩	٨٠,٨	-	١
سمك صنفى صلب	٠,٩	٧٩,٣	-	١
سمك صنفى معلب	٠,٧	٨٦,٣	-	١
سمك قد خام	٠,٣	٨١,٢	-	١
سمك قد مملح	٠,٧	٥٢,٤	-	٢
خام درع جلد	١,٦	٨٠	-	١
معلب	٢,٥	٧٧,٢	-	١

تابع جدول رقم (٢٨-٣) :

المنتج بالعينة	% الدهن	% الماء	% السكر	رقم الطريقة
mullet مقلّم خام	٦,٩	٧٢,٦	-	٥
لحوم عضلات حمراء	٢,٢-١,٤	٨٤-٧٨	-	١
لحوم خام	٢,٢-١,٨	٨٥-٧٩	-	١
لحوم خام معلب	٢,٢	٨٢,٢	-	١
perch خام	١,٥-١,٢	٧٩,٧	-	١
perch لسانر خام	٠,٩	٧٩,٢	-	١
perch أبيض خام	٤,٠	٧٥,٧	-	٥
pick	١,٢-٠,٩	٨٠-٧٨	-	١
bollock	٠,٩	٧٧,٤	-	١
pomopans	٩,٥	٧٠,٩	-	٥
سمك حجري	١,٨	٧٦-٦٤	-	١
سالمون خام	١٥,٦-٣,٧	٧٦-٦٤	-	٥
سالمون معلب وصلب وسائل	١٤-٥,٢	٧١-٦٤	-	٥
سردين ساردين معلب بزيت	٢٤,٤	٥٠,٦	-	٥
سردين معلب صلب	١١,١	٦١,٨	-	٥
سردين معلب طبيعي	١٣,٥	٦٥,٢	-	٥
Scallops خام	٠,٢	٧٩,٨	-	١
bass خام	٠,٥	٧٦,٣	-	١
Shad خام	١٠,٠	٧٠,٤	-	٥
سمك خام	٠,٨	٧٨,٢	-	١
سمك خام	٠,٧	٦٥,٠	-	٢
سمك معلب جانب	١,١	٧٠,٤	-	١
Skete خام	٠,٧	٧٧,٨	-	١
Smelt خام	٢,١	٧٩,٠	-	٥
Sword سمك خام	٤,٠	٧٥,٩	-	٥
brook trout خام	٢,١	٧٧,٧	-	٥

تابع جدول رقم (٢٨-٣) :

المنتج بالعملة	% الدهن	% الماء	% السكر	رقم الطريقة
بذرة القطن	٠,٩	٩,٤	-	٢
تبن اوبيا	٣,٢-٢,٥	١,١-٩,٦	-	٢
جراس هاى	٣,١-٩٥	١١	-	٢
هاى Lespedera	٢,٦-١,٤	١١	-	٢
نقايى هاى	٣,٥-٢,٧	١٢	-	٢
هاى OAT	٣,٥-٢,٧	١٢	-	٢
برسيم واعشاب ملصه	٣,٥	١٠	-	٢
هاى pea	٣,٢	١٠,٨	-	٢
hulls pea	١,٠	٧,٦	-	٢
هاى panut	٣,٣	٨,٦	-	٢
panut ويقتت	١٢,٦	٨,٠	-	٧
صويا	٧-١,١	١٢-٨,٥	-	٧
شعير hay	٣,٤-٢,٤	٩,٦	-	٢
رد نوب هاى	٢,٣	٩	-	٢
hulls الارز	٠,٨	٨	-	٢
علف سورحم	٢,٥	٣٥-١١	-	٢
علف سور م	٢,٥	٣٥-١١	-	٢
سودان جراس هاى	١,٦	١١	-	٢
عبدان قصب السكر الجافه	٠,٦	٥,٨	-	٢
هاى timothy	٤,٦-٢,١	١١,٨	-	٢
هاى Veich	٧,٦-١,١	١٢-٨	-	٢
الفا الفا	١,٠	٧٤,٦	-	١
بنجر وسكر	٠,١	٨٣,٦	-	١
عشب	١,٠	٦٥,٨	-	٢
برسيم	١,٧-٠,٥	٦٥,٦	-	١,٢
علف ذرة	١,٢-٠,٣	٩٠-٥٩	-	١,٢
ذرة	٠,٤	٧٧,٩	-	١
besapexza	١,٠	٦٣,٤	-	٢

تابع جدول رقم (٢٨-٣) :

المنتج بالعينة	% الدهن	% القمام	% السكر	رقم الطريقة
مطحون حبوب نرة	٢,٩	١٢	-	٢
مطحون نرة	٢,٥	١٠,٢	-	٢
بنور قطن كاملة	٢٣,٠	٧,٢	-	٧
بنور قطن	١,٢	٨,٤	-	٢
مطحون بنور قطن	٧,٢	٦,٥	-	٢
مطحون crab	٢,٩	٨,٠	-	٢
مطحون سمك	٧,٩	٧,٧	-	٢
مطحون سمك منسوب	٢,٩	٨,٤	-	٢
بنور Flax	٣٦,٤	٦,٤	-	٧
مطحون بنور عذس	٦,٣	٨,٧	-	٢
مطحون بنور منسوب millet	٢,٩	٩,٦	-	٢
حبوب كاملة	٢,٣	٩,٣	-	٢
حبوب milo	٢,٩	١٠,٦	-	٢
حبوب ارز	١,٨	١١,٤	-	٢
ارز مضروب	٠,٤	١٢,٢	-	٢
ارز bran	١٢,٤	٩,٩	-	٢
حبوب rye	١,٧	١٠,٠	-	٢
Rye midding & screening	٢,٨	٩,٨	-	٢
حبوب سورجم	٢,٣	١١	-	٢
بنور فول صويا غير ناضج	٥,١	٦٩,٢	-	٨
بنور فول الصويا ناضج	١٧,٧	١٠	-	٧
زيت فول صويا مطحونه	٥,٧	٨,٣	-	٢
زيت فول صويا المنيب	١,٦	٨,٤	-	٢
طعام بوماس مجفف	١٤,٨	٥١,٧	-	٢
حبوب قمح كاملة	٢,٦-١,٧	١٠	-	٢
wheat bran خام	٥,٠	٩,٤	-	٢
حبة قروخ خام	١٠,٩	١١,٥	-	٧
wheat bran & screening	٤,٩	٩,٢	-	٢

تابع جدول رقم (٢٨-٣) :

المنتج بالعينة	% الدهن	% الماء	% السكر	رقم الطريقة
walnuts انجليزى	٥٩,٣	٢,١	-	٧
زيتون - شحم - لوليو مارجارين	٨١	١٥,٥	-	٦
مايونيز	٧٩,٩	١٥,١	-	٦
مايونيز عادى	٤٢,٢	٤٠,٦	-	٦
انواع عادية	٦٠-٣٩	٣٩-٢٧	-	٦
انواع اقل سمية	١٦-٠,٢	٩٥-٦٨	-	٦
خضروات Artichoke	٠,٢	٨٥,٥	-	١
أسبرجس	٠,٢	٩١,٧	-	١
نقويات وpcas ناضجة	٤,٨	١٠,٧	-	٧
لوبيا - عين سوداء	١,٥	١٠,٥	-	٢
عص	١,١	١٨,١	-	٢
lima	١,٦	١٠,٣	-	٢
Beas	١,٣	١١,٧	-	٢
prnts	١,٢	٨,٣	-	٢
احمر	١,٥	١٠,٤	-	٢
ابيض	١,٦	١٠,٩	-	٢
Sueb-beaus سمعى او اصفر	٠,٢	٩١,٤	-	١
beets احمر	٠,١	٨٧,٣	-	١
beets اخضر	٠,٣	٩٠,٩	-	١
فول يادى	٠,٤	٧٢,٣	-	١
بروكلى علم	٠,٣	٨٩,١	-	١
Sprouts brussels	٠,٤	٨٥,٢	-	١
كرنب عادى	٠,٢	٩٢,٤	-	١
كرنب احمر	٠,٢	٩٠,٢	-	١
كرنب صينى	٠,١	٩٥,٠	-	١

تابع جدول رقم (٢٨-٣) :

المنتج بالعينة	% الدهن	% الماء	% السكر	رقم الطريقة
pasture	١,١-٠,٨	٧٦-٧٠	-	٢
rape	٠,٦	٨٢,٦	-	١
Rue fiddor	٠,٨	٧٧,٧	-	١
سورغم حلو	١,٠	٧٥,١	-	١
قول صويا	١,١	٧٥,٦	-	١
نصب سكر	١,٠	٧٨,٢	-	١
timothy	١,٠	٦٨,٧	-	٢
Silages الفا الفا	٢,٥-١,٤	٦٧-٤٦	-	٢
نقاح	١,٣	٧٩	-	١
برسيم	١,٣-٠,٩	٧٦-٦٠	-	٢
سورجم	٠,٩	٧٥-٦٩	-	٢
ذرة	٠,٩-٠,٥	٨١-٧١	-	٢,١
ذرة سكرية	١,٠	٧٨	-	١
ذرة ear	١,٧	٥٤	-	٢
fill pea	١,٢	٧٢,١	-	٢
مركزات منتجات تلونة بنور	٩,٩	٩,٧	-	٢
لفا الفا				
نقاح بومباغ جاف	٥,٠	١٠,٦	-	١
نقاح بومباغ رطب	١,٣	٧٨,٩	-	١
شعير	١,١-١,٠	١٠,٩	-	٢
beet pulp جاف	٠,٨	٨	-	٢
حبوب	٦,٧	٧,٢	-	٢
buck wheat	٢,٤	٩,٤	-	٢
ذرة	٤-٢,٦	٣١-١١	-	٢
ذرة	٥,٢	١٢	-	٢

تابع جدول رقم (٢٨-٣) :

المنتج بالعينة	% الدهن	% الماء	% السكر	رقم الطريقة
carrots	٠,٢	٨٨,٢	-	١
قرنبيط	٠,٢	٩١,٠	-	١
Celeory	٠,١	٩٤,١	-	١
chard مسوسرى	٠,٣	٩١,١	-	١
Chicory فرنسى	٠,١	٩٥,١	-	١
Chicory اخضر	٠,٣	٩٢,٨	-	١
collards ورق وسوق	٠,٧	٨٦,٩	-	١
نرة - حلو - ابيض لصفير	١,٠	٧٢,٧	-	١
لوبيا غير ناضجة	٠,٨	٦٦,٨	-	٢
=====	٠,٧	٨٩,٤	-	١
pered Cucumber	٠,١	٩٥,١	-	١
dandelion اخضر	٠,٧	٨٥,٦	-	١
Egg plant	٠,٢	٩٢,٤	-	١
أسكارول	٠,١	٩٣,١	-	١
ثوم cgroves	٠,٢	٦١,٣	-	٢
harse radish لحمر خام	٠,٣	٧٤,٦	-	١
Kale لوراق وسوق	٠,٨	٨٧,٥	-	١
Kohisabi	٠,١	٩٠,٣	-	١
خصن (راسى)	٠,٣-٠,١	٩٤,٥	-	١
خصن (كله)	٠,٢	٩٤,٨	-	١
عيش الغراب	٠,٣	٩٠,٤	-	١
مسطردة خضراء	٠,٥	٨٩,٥	-	١
ملوخية	٠,٣	٨٨,٩	-	١
بصل ناضج	٠,١	٨٩,١	-	١
بصل اخضر	٠,٢	٨٩,٤	-	١
parsley بقونس	٠,٦	٨٥,١	-	١

تابع جدول رقم (٢٨-٣) :

المنتج بالعينة	% الدهن	% الماء	% السكر	رقم للطريقه
porsnips	٠,٦	٨٥,١	-	١
podded - beans	٠,٥	٧٩,١	-	١
غذائى	٠,٢	٨٣,٣	-	١
غير ناضج لخضر	٠,٤	٧٨,٠	-	١
قلقل لخضر حلو	٠,٢	٩٣,٤	-	١
unpopped popcorn	٤,٧	٩,٨	-	١
بطاطا حلوة	٠,٤	٧٠,٦	-	٢
بطاطا بيضاء	٠,١	٧٩,٨	-	١
pumpkin	٠,١	٩١,٦	-	١
radishes	٠,١	٩٤,٥	-	١
rhubarb	٠,١	٩٤,٨	-	١
rutabages	٠,١	٨٧,٠	-	١
لفت	٠,٢	٩١,٥	-	١
سبانخ	٠,٣	٩٠,٧	-	١
Squash صيفى	٠,١	٩٤,٠	-	١
Squash شوى	٠,٣	٨٥,١	-	١
طماطم	٠,٢	٩٣,٥	-	١
طماطم	٠,٢	٩٣,٥	-	١
لفت لخضر بساق	٠,٣	٩٠,٣	-	١
نوتر كروس notar cress	٠,٣	٩٣,٣	-	١
علف وعشب ويقليات	٢,٥-١,٥	٤٣-٦	-	٢
علف - يرسم	١,٣-٠,٥	٨٠-٦٠	-	٢
يرسم علف	٢,٠	٩,٦	-	٢
شعر علف	٢,٠	٨,١	-	٢
blay جراس bernida	١,٨	٩,٣	-	٢
من يرسم	٣,٦-٢	١٢-٧	-	٢
ذرة علف	٢,٢-١,٤	٣٩-٩	-	٢
ذرة	١,٦-١	٤١-٩,٤	-	٢

تابع جدول رقم (٢٨-٣) :

المنتج بالعينة	% الدهن	% الماء	% السكر	رقم الطريقة
سمك بحري خام	١٠,٠	٧٠,٦	-	٥
سمك بحري خام	٥٤,٥-٢٠	٦٥-٣٧	-	٥
سمك بحري برأس صلب	١١,٤	٦٦,٣	-	٥
تونة خام	٤,١-٣	٧١	-	٥
تونة مطبوخة في الزيت	٢٠,٥	٥٢,٦	-	٥
تونة مطبوخة بالماء	٠,٨	٧٠,٠	-	١
سمك خام	٥,٦	٧٦,٧	-	٥
سمك أبيض بحري خام	٨,٢	٧١,٧	-	٥
سمك بحري مدخن	٧,٣	٦٨,٢	-	٥
almond nuts جاف	٥٤,٢	٤,٧	٤,٤	٧
برازيلي	٦٦,٩	٤,٦	١,٥	٧
buternut	٦١,٢	٣,٨	-	٧
cashew	٤٥,٧	٥,٢	٦,٨	٧
chestnuts طازج	١,٥	٥٢,٥	٦,٤	٢
chestnuts مجفف	٤,١	٨,٤	-	٧
coconut طازج	٣٤,٧	٤٦,٩	٥,٠	٧
coconut رطب	٢٨,٦	١٧,٣	٣٢,٠	٧
coconut مجفف	٦٤,٩	٣,٥	-	٧
hockory	٦٨,٧	٣,٣	-	٧
macadamia	٧١,٤	٣,١	٢,٧	٧
peanuts خام	٤٧,٥	٥,٦	-	٧
بدون جلد خام	٤٨,٤	٥,٤	-	٧
زبد	٥١-٤٩	١,٨-١,٧	-	٧
بنكان	٧١,٢	٣,٤	٣,٩	٧
pistachios	٥٣,٧	٥,٣	٦,١	٧
walnuts اسود	٥٩,٣	٣,١	-	٧

مصطلحات

(A)

abraded	كشط	الكيموليت الزراعية للماء	
absorption	الامتصاص	air elutriation	تنقية الهواء
acaricide	مبيد اكروسي	airless spray	الرش الهوائي
accidental residue	المخلفات العرضية	air pollution	تلوث الهواء
accuracy	دقة	air quality standard	الدرجة القياسية للهواء
acidophile	محب الحموضة	alkali flame thermionic detector (AFTD)	كشف الأيونات الحراري ذو اللهب القوي
acidosis	الحمضي (الحموضة)		
activation	تنشيط	alkalosis	التحلل القوي
active ingredient(a.i.)	مادة فعالة	allergic reaction test	اختبار تفاعل الحساسية
acute residue	المشقي الفعلي(مخلفات)	allergic test	اختبار الحساسية
additive	اضافي	alteration	التعديل
additive action	فعل اضافي	amount of residue	كمية المخلفات
adherence	التصاق	angle of contact	زاوية التماس
adhesive	مادة لاصقة	anionic group	المجموعة الايونية
adhesion	الالتصاق	antitaking agent	مادة ملعة للتمسك
adjuvant	مادة اضافية	applicable concentration	التركيز المستخدم
aerobic	هوائي	application	التطبيق
adipositas cordis	قثوب التمدج للدهن	application dosage	الجرعة المستخدمة
agricultural chemicals	الكيموليت الزراعية	application rate	معدل الاستعمال
agricultural chemicals of crop persistence	الكيموليت الزراعية الثابتة على المحاصيل	application time	وقت التطبيق
agricultural chemicals of Soil persistence	الكيموليت الزراعية الثابتة على التربة	aquatic life	الحياة المائية
agricultural chemicals of Water pollution	الكيموليت الزراعية الملوثة على التربة	aqueous solution	محلول مائي
		aromatic ring	حلقة عطرية
		assay of residue	تقدير المخلفات

(B)

background residue	المخلفات القديمة	biological magnification	التضخم الحيوي
behavior in soil	السلوك في التربة	bleeding	الانماء - النزاف
behavior pattern	نمط السلوك	blotch	بثرات لخطية
biochemical oxygen demand (BOD)	الأكسجين الحيوي الكيميوي المطلوب	boiling point	نقطة الغليان
biodegradation	الايجول الحيوي	brain stem	ساق المخ
biological breakdown	الهدم الحيوي	breakdown	التحطم
biological concentration	التركيز الحيوي	bulk density	الكثافة الظاهرية

(C)

caking	التعجن	combination	الخليط
calibration	محتوى المعلورة	combined application	التطبيق المشترك
carbamate insecticide	مبيد كرباماتي	common name	الاسم الشائع
carrier	مادة حاملة	compatibility	القابلية للخلط
catabolin	الابتن الهضمي	concentrate application	استخدام المركزات
caucative agent	عملل مميب	conjugation	الاقتران
chemical control	المكافحة الكيميائية	conjunctive	رابط
chemical decomposition	التحلل الكيميائي	contact angle	زاوية تماس
chemical injury	الضرر الكيميائي	contamination	التلوث
chemical name	الاسم الكيميائي	conventional	تقليدي
chronic intoxication	تسمم مزمن	convulsive seizure	نوبة تشنجية
classification	تقسيم - تصنيف	corrosion	تآكل
coarse dust	ممسوق خشن	critical period	الفترة الحرجة
coefficient of selectivity	معامل الاختيارية	cylinder-type granule	المادة حبيبة الاسطوانية
coefficient of viscosity	معامل اللزوجة		
cohesive force	قوة الالتصاق		

(D)

decarboxylation	فقد مجموعة الكربوكسيل	diffusion	الانتشار
decomposition	التحلل	diffusion coefficient	معامل الانتشار
decomposition product	ناتج التحلل	diluent	مادة جافة
degradation and persistence curve	منحنى الانهيار والثبات	dilution	تخفيف
degradation product	ناتج الانهيار	dilution ratio	معدل التخفيف
degradative pathway	مسار الانهيار	dipping method	طريقة الققع أو الغمر
delivery	توزيع	disappearance curve	منحنى الاختفاء
deposit distribution	توزيع الودسب	dispersion	التشتت
deposit efficiency	كفاءة الاستقرار للودسب	disposal	التخلص من الفضلات
deposition	الاستقرار	disipation	اختفاء
deposit ratio	معدل الترسيب	dissociation factor	عملل التفكك
derivative	مشتق - مادة ثانوية	distribution	توزيع
desiccant	مادة مجففة	dose	الجرعة
desorption	الانفراذ	drift	قتلار الرياح
detoxcation	فقد السمية	Drift hazard	خطر قتلار الرياح
detoxcation method	طريقة إزالة السمية	duca mater	الأم الجافية
detoxcation therapy	علاج إزالة السمية	dust diluent	ممسوق مجفف

(E)

ecosystem	النظام البيئي	emulsion	مستنطب
electric charge	شحنة كهربية	endbain	الدماع الانتفالي
electron transport system	نظم نقل الالكترونات	environmental poisoning	التسمم البيئي
electrophoresis	الهجرة الكهربائية	environmental contamination (Pollution)	تلوث بيئي
elimination	إزالة	environmental quality standard	مؤلف نوعية البيئة
elution	إزاحة - نهوك	erosion	تآكل
elutriation	تفريق	evaporation	تبخير
emission standard	معايير الانبعاث	extraction	الاستخلاص
emulsibility	القابلية للاستحلاب		
emulsifier	مادة مستحلبة		
emulsifying agent	مادة تساعد على الاستحلاب		

(F)

fine granule	حببات ناعمة	flame thermionic detector (FTD)	كاشف الإشعاع الأيوني حراري
flame ionization detector (FID)	كاشف الإشعاع الأيوني	flowability	القابلية للتسريب
flame photometric detector (FPD)	كاشف الإشعاع الضوئي (الذهب)	formulation	مستحضر السبيد

(G)

general behavior	السلوك العام	grinding	يطحن - مطحون
global ecosystem	النظام البيئي لشغل	guideline - index	الذليل

(H)

high temperature incineration	الحرق في درجات الحرارة العالية	hydrophilic-lipophil balance	لتوازن المائي الدهني
hydrolysate	منحل بالماء (هيدروليزات)	hydrophilic property	صفات حب الماء
hydrolytic cleavage	نتج عن التحلل المائي	hydrophobic property	صفات حب الدهون
hydroide ion	أيون الهيدريد	hydroxylation	لهيدروكسلة
hydrolysis	التحلل المائي	hydroxy group	مجموعة الأيدروكسيل

(I)

identification	تحريف	inorganic	غير عضوي
impurity	شوائب	in situ	في موضعة
inactivation	تطليل النشاط	intermediate metabolite	ناتج تمثيل وسيط
incidence	حدوث - ورود	internal residue	بقايا داخلية
incorporation	اندماج	inversion	انقلاب
induction	تأثير أو فعل	irradiation	تشعيع
inert	خامل	isolation	عزل
intret ingredient	مادة خلطة	isomer	مشابه
infiltrate	يوشع - رشلة	isomerization	تشابه
inhibition	تثبيط	isozyme	شبيه الايزيم
injection	حقن		

(K)

kuderna-danish evaporative concentrator

جهاز تبخير لتركيز المستخلصات

(L)

latent period	الفترة المتخفية	liquid medium	وسيط سائل
leakage	التسرب	low volume	حجم قليل
ligament	الرباط	lytic reaction	تفاعل تحلالي
liquid formulation	مستحضر سائل		

(M)

maceration	تطبيع	minimum detectable amount	أقل كمية يمكن تقديرها
main effect	التأثير الرئيسي	mist spray	رش على صورة رذاذ
masa transfer	قتل الكلة	mixing	خلط
metabolic product	ناتج أيضي (تقح تمثيلي)	mixture	مخلوط
metabolism	التمثيل (الأيض)	mode of action	طريقة أو كيفية الفعل
metabolite	ناتج تمثيل	moisture content	محتوى الرطوبة
method of multiplying the peak height by the half-wide	طريقة ضرب ارتفاع قمة المنحني في نصف العرض	molecular weight	الوزن الجزيئي
		monitoring	تحكم

(N)

nature conservation	صيانة طبيعية
---------------------	--------------

(U)			
overall treatment	معاملة متبادلة	oxident	مادة مؤكسدة
oxidation	الأكسدة	ozonosphere	الطبقة الأوزونية

(P)			
parent compound	مركب أبوي	pesticide residue	مخلفات المبيدات
paresthesia	تشنج الحس	photolysis	تحلل بالضوء
particle size	حجم الجسيمات	photosynthesis	تخليق أو بناء ضوئي
particle size distribution	توزيع حجم الجسيمات	poison	سم
paste	محمون (عجينة)	pollution	تلوث
penetration	نفقية	polymerization	البلمرة (تضاعف الإجمال)
pesticide pollution	التلوث بالمبيدات	primary emission	انبعاث أولي
pesticide poisoning	التسمم بالمبيدات		

(R)			
rapid action	فعل سريع	residual persistence	ثبات المخلفات
rate constant	ثابت المعدل	residual toxicity	سمية المخلفات
recombination	إعادة الاتحاد	residue	المخلفات
registration	تسجيل	residue analysis	تحليل المخلفات
residual activity	نشاط المتبقية		

(S)			
shortwavelength light	ضوء ذو موجات قصيرة	stability	ثبات
side-effect	تأثير جانبي	stabilizer	مثبت
significant difference	اختلاف محوي	standard deviation	الانحراف القياسي
sinuses	جيوب	standard substance	مادة قياسية
smog	طمان	stripping-extracting operation	عملية الاستخلاص
smoking	تخين	substrate	مادة تفاعل
solubility	الذوبان	surface tension	الاجنب السطحي
solution	محلول	synergism	تضيق
solvent	مذيب	spary	رش
solubilization	الذوبانية	spreader factor	عامل الانتشار
specific gravity	الكثافة النوعية		
spot	بقعة اللطخة		

(T)

test substance
transport

مادة اختبار
ينتقل

thin layer chromatography (TLC)
طريقة الفصل على رقائق الكروماتوجرافي

(U)

ultraviolet light (UVL)
unintentional residue

الاشعة فوق بنفسجية
مخلفات عرضية

ununiformity

عدم تجانس

(V)

volatility

تطاير

volatilization

تطاير

(W)

water pollutant pesticide
water pollution
water quality

مبيد ملوث للماء
تلوث الماء
نوعية الماء

water quality criteria
wettability
world Health Organization (WHO)

معايير نوعية الماء
القلبية للملح
منظمة الصحة العامة

(Z)

zero tolerance

صفر الإمان

المراجع

المراجع العربية

الملوثات البيئية والسموم

الديناميكية و إستجابة الجهاز الهضمي لها

أ.د. فتحى عبد العزيز عفيفي

دار الفجر للنشر و التوزيع

ديناميكية السموم والملوثات البيئية

و إستجابة الجهاز التنفسي والدوري لها

أ.د. فتحى عبد العزيز عفيفي

دار الفجر للنشر و التوزيع

التلوث البيئي والسموم

الديناميكية وإستجابة الجهاز العصبي لهما

أ.د. فتحى عبد العزيز عفيفي

دار الفجر للنشر و التوزيع

السموم والملوثات البيئية

الديناميكية وإستجابة الجهاز الیول تتاسلي لها

أ.د. فتحى عبد العزيز عفيفي

أ.د. عصمت محمد كامل

دار الفجر للنشر و التوزيع

أسس علم السموم

أ.د. فتحي عبد العزيز عفيفي
دار الفجر للنشر والتوزيع

التحليل الدقيق

لمتبقيات السموم والملوثات البيئية

في مكونات النظام البيئي

أ.د. فتحي عبد العزيز عفيفي
دار الفجر للنشر والتوزيع

REFERENCES

- Burck, K.T.Liu and J.W. Larrick.(1988):Oncogenes, an Introduction to the Concept of Carcinogenes. Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Casarett and Doull's (1996): Toxicology : The Basic Science of Poisons,4th Edition. Pergmon Press, New York XIII v+1033 pages
- Casida, J.E. (1963) Mode of Action of Carbamates. Ann Rev. Entomol, 8,39-58.
- Cohen, M.G. (Ed). (1986): Target Organ Toxicity Vol. I and II CRC Press Inc. Boca Raton, Florida.
- Cooper, C.S. and P.L.Grover (Eds)1990: Chemical Carcinogenesis and Mutagenesis (Vols I & II).Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Cremlyn ,R.(1979) : Pesticides ,Preparation , and Mode of Action . John Wiely and Sons Chichester. New York. Brisbane. Toronto.
- Du Bois, K.P. and Geiling, E.M.K. (1959) Text book of Toxicology. Oxford University Press, Oxford, 302 PP.
- Doll,R. and R. Peto.(1981): The causes of cancer. Oxford University Press, New York.
- Edwards, C.A.(1973) Persistent Pesticides in the Environment, CBC Press. London, 170 PP.

- Fest C. and Schmidt ,K.J. (1973) : The Chemistry of
Organophosphorus Pesticides ,
Reactivity , Synthesis , Mode of
Action ,Toxicology
Springer-Verlag New York Heidelberg
Berlin.**
- Fifeld F. W. and Haines P.J. (1995) : Environmental Analytical
Chemistry , Blackie Academic and Professional
, London 1st Edn.**
- Glaister, J.R. (1986): Principles of Toxicological Pathology
Taylor and Francis London/Philadelphia.**
- Haley, T.J. and W.O. Berndt (Eds). (1987): Handbook of
Toxicology. Hemisphere, Washington, D.C.**
- Hammett, L.P. (1970): Physical Organic Chemistry,
Mc Graw-Hill, New York.**
- Hansch, C. and A.Leo. (1979): Substituent Constants for
Correlation Analysis in Chemistry and
Biology. Wiley, New York.**
- Hathcock, J.N.(1982) Nutritional toxicology.
Academic Press, New York.**
- Haler, T.J. and Berndt, W.O. (1987) Handbook of
Toxicology.Hemisphere Publishing
Cororation ,Washington,157 pp .**
- Haque, R. and Freed, V. (1975) Environment
dynamics of pesticides. Plenum press, New
York and London,365pp.**

- Hayes, W.S. (1975) Toxicology of pesticides,**
Williams & Wilkins Company, 573 pp.
- Hayes, A.W. (1989) principles and methods of**
toxicology, 2nd Ed. Raven press, New York.
- Hayes, J.D., pickett, C.B. and Mantle, T.J. (1990)**
Glutathione- S-Transferase and Drug
Resistance, Taylor and Francis, London.
- Heath, D.F. (1961) Organophosphorus poisons .**
Anticholinesterases and Related
Compounds. Pergamon press. Oxford, 403 pp.
- Hodgson, E. and Levi, P.E. (1987) A Text book of**
modern toxicology. Elsevier Science
Publishers, New York.
- Hodgson, E. and Levi, P.E. (1994) Introduction to**
biochemical toxicology. Appleton & Lange,
Norwalk, Connecticut.
- Kato, R., Estabrook, R.W. and Cayen, M.N. (1989)**
Xenobiotic metabolism And Disposition.
Taylor and Francis, London.
- Keith Snell and B. Mullock(1987): Biochemical**
toxicology: a practical approach. IRL Press
Limited, Oxford England, xv+ 286 pages.
- Kenneth A. Hassall (1987): The Chemistry Of Pesticides**
Their Metabolism , Mode of Action and Uses
in Crop Protection
English Language Book Society /
Macmillan

- Loomis, T.A. (1974) *Essentials of Toxicology*. 2 nd Ed. Lea & Febiger, Philadelphia.
- Matsumura, F. (1975): *Toxicology of Insecticides*. Plenum Press, New York, 615 pp.
- Matteis, F. and E.A. Lock (Eds). (1987): *Selectivity and molecular mechanisms of toxicology*. The Mac Millan Press Ltd, Hampshire and London.
- Matthews, John C. (1993): *Fundamentals of receptor, enzyme and transport Kinetics*. CRC Press, Boce Raton, 167 pages.
- Michael J. D. and Mannfred A. (1995) : *CRC Hand book of Toxicology*
CRC Press Boca Raton New York London Tokyo
- Moriarty, F. (1998): *Ecotoxicology: the study of Pollutants in ecosystems*, 2 nd Edition. Academic Press, London, 289 Pages.
- Negherbon, W.O. (1959) *Hand book of Toxicology*. VOL III. Insecticides, Saunders, Philadelphia, pennsy Lvania, 854 pp.
- O'Brien R.D. (1960) *Toxic Phosphorus esters*., Academic Press, New york, 434 pp.
- O'Brien R.D. (1967) *Insecticides action and Metabolism*. Academic Press, New York and London.
- O'Brien (1970) *Biochemical Toxicology of Insecticides*. Academic Press, New York.

- Ramade, F. translated by L.J.M. Hodgson. (1987):
Ecotoxicology. John Wiley & Sons, London,
x+ 262 Pages.
- Raymound J.M., Hohn de Vries and Mannfred A.H. (1996)
Toxicology Principles and Applications
CRC Press Boca Raton New York London
Tokyo
- Richardson, M. (Ed). (1986): Toxic Hazard Assessment
of Chemicals. Royal Society of Chemistry ,
London.
- Roger Eckert and David Randall (1983) : Animal
Physiology , Mechanisms and Adaptations
W.H.Freeman and Company ,San Francisco.
- Shepard, H.H. (1951): the Chemistry and action of
Insecticides, Mc Grawhill Co., Inc., New
York, Toronto, London.
- Stewart, C.P. and Stolman, A. (1960) Toxicology :
Mechanisms and analytical methods.
Academic Press, New York.
- Timbrel, J.A. Introduction to toxicology. 1989
Taylor & Francise, London/Washington.
- Wayne G.Landis and Ming-Ho Yu (1995) Introduction
to Environmental Toxicology. Lewis
Publishers, CRC Press. 328PP.
- Williams, R.T. (1959) Detoxication Mechanisms.
Wily. New York, 796 PP.
- Wilkinson, C.F. (1976) Insecticide Biochemistry and
Physiology. Plenum Press, New York.

هذا الكتاب

تتقهقر البيئة حولنا الآن بنمط سريع لم يسبق له مثيل وإن كان هذا واضحا في بعض أجزاء من العالم خاصة دول العالم الثالث، منه عن البعض الآخر ولكن عندما يدق ناقوس الخطر في بعض الأماكن لا يستدعى الاهتمام بالمناطق الأخرى ولكن الواقع لا يتجزأ وما يؤثر على البعض الآن يؤثر على الكل في المستقبل خاصة إذا ما أخذنا في الاعتبار أن الأرض التي نعيش عليها محدودة الموارد وثرواتها في طريقها للنفاذ وسيبدو أن المجتمع الصناعي بالدول المتقدمة الغنية هي المهدد الأول لهذه الموارد التي لا تتجدد أو تعوض أو تستثمر عشوائيا دون النظر لحاجات الشعوب خاصة بدول العالم الثالث.

والله ولي التوفيق

الناشر

عبد الحى أحمد قواد

صدر أيضا للناشر

- ♦ ديناميكية السموم والملوثات البيئية واستجابة الجهاز التنفسي والدوري، لهما
 - ♦ الملوثات البيئية والسموم. الديناميكية واستجابة الجهاز الهضمي لهما
 - ♦ التلوث البيئي والسموم. الديناميكية واستجابة الجهاز العصبي لهما
 - ♦ السموم والملوثات البيئية. الديناميكية واستجابة الجهاز التناسلي والبولي لهما.
 - ♦ التحليل الدقيق لمتبعيات السموم في مكونات النظام البيئي.
 - ♦ أسس علم السموم
 - ♦ الملوثات الكيميائية للبيئة
 - ♦ التلوث وحماية البيئة. قضايا البيئة من منظور إسلامي
- د. فتحى عفيفى
د. فتحى عفيفى
د. فتحى عفيفى
د. فتحى عفيفى
د. فتحى عفيفى
د. جمال عويس
د. منير حجاب

دار الفجر للنشر والتوزيع

4 شارع هاشم الأشقر - النزهة الجديدة - القاهرة

تليفون: 2944094

فاكس: 2944119